



TESIS - RC142501

**MODEL PREDIKSI KECELAKAAN KERJA PADA  
PROYEK KONSTRUKSI BERBASIS *BAYESIAN*  
*BELIEF NETWORKS***

**DIAH SARASANTY  
3115203004**

**DOSEN PEMBIMBING:  
TRI JOKO WAHYU ADI, S.T., M.T., Ph.D.**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

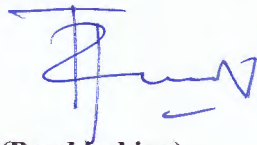
Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
**Magister Teknik (M.T.)**  
di  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:  
**DIAH SARASANTY**  
NRP. 3115203004

Tanggal Ujian : 13 Juni 2017  
Periode Wisuda : September 2017


Disetujui oleh:

1. **Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP. 19740420 200212 1 003




(Pembimbing)

2. **Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.**  
NIP. 19691125 199903 1 001



(Penguji)

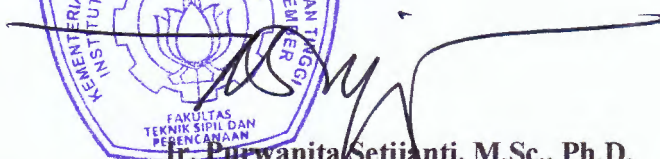
3. **Dr. Machsus, S.T., M.T.**  
NIP. 19730914 200501 1 002



(Penguji)

**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Dekan**



  
**Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D.**  
NIP. 19590427 198503 2 001

## **Model Prediksi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Berbasis *Bayesian Belief Networks***

Nama Mahasiswa : Diah Sarasanty  
NRP : 3115203004  
Dosen Pembimbing : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.

### **ABSTRAK**

Industri konstruksi mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pembangunan dan perkembangan suatu negara. Dengan karakteristik yang unik dan bersifat dinamis menyebabkan industri konstruksi memiliki kondisi yang berbahaya dan rawan terjadi kecelakaan kerja. Angka kematian akibat kecelakaan kerja pada industri konstruksi tahun 2015 mengalami kenaikan sebesar 4% dibanding tahun 2014. Jumlah kecelakaan kerja di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami tren peningkatan sebesar 5%. Perilaku tidak aman dari pekerja (*unsafe behaviour*) menjadi akar penyebab utama dari 88% kecelakaan kerja pada industri konstruksi, 10% dikarenakan kondisi tidak aman, dan 2% disebabkan hal-hal yang tidak dapat dihindari. Dengan kompleksitas kegiatan konstruksi peralatan dan lingkungan yang tidak aman secara signifikan menentukan jenis kecelakaan dan keparahan cedera.

Penelitian ini bertujuan untuk mengusulkan model probabilitas untuk memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Dalam meningkatkan keakurasian penilaian kecelakaan kerja, maka analisa dalam penelitian ini menggunakan metode *Bayesian Belief Networks* untuk merepresentasikan hubungan antara *unsafe factors* meliputi faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*) yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja. Pengumpulan data melalui survey lokasi proyek, kuesioner dan wawancara (*interview*) terhadap Manajer K3 proyek konstruksi. Validasi model dilakukan dengan mengaplikasikan model pada 4 (empat) kasus proyek konstruksi bangunan tingkat tinggi (*high rise building*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) *unsafe factors* yang langsung mempengaruhi kecelakaan kerja berdasarkan model BBN adalah faktor kondisi tidak aman (*unsafe condition*) dan faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), 2) model *BBN* yang telah dibangun dapat memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi secara akurat dengan rata-rata nilai akurasi sebesar 85,07%. Dengan hasil prediksi kecelakaan kerja yang lebih akurat dan model *BBN* yang dapat diupdate secara *realtime* akan membantu para praktisi serta semua pemangku kepentingan khususnya yang terlibat langsung pada industri konstruksi dalam memberikan rekomendasi langkah-langkah serta tindakan preventif dalam rangka meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja yang fatal dan meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta dapat memberikan kontribusi pengetahuan mengenai faktor-faktor yang sangat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja.

**Kata Kunci:** probabilitas, proyek konstruksi, kecelakaan kerja, faktor-faktor tidak aman, *Bayesian Belief Networks*

# **Probabilistic Model For Predicting Construction Worker Accident Based On Bayesian Belief Networks**

By : Diah Sarasanty  
Student Identity Number : 3115203004  
Supervisor : Tri Joko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D.

## **ABSTRACT**

The construction industry has a very important role to the growth of a country. The unique characteristics and dynamic nature of the construction industry lead to a dangerous condition and prone to accidents. The death rate due to accidents in the construction industry in 2015 increased by 4% compared to 2014. The number of occupational accidents in Indonesia from year to year experienced a trend of an increase of 5%. Unsafe behavior of workers was the main cause of 88% of accidents in the construction site, 10% due to unsafe conditions, and 2% due to the unavoidable things. In addition, the complexity of construction equipment and unsafe environment significantly determined the type of accident and severity of injuries.

This study aims to propose the probability model to predict the construction worker accidents in construction projects. To improve the accuracy of the assessment of workplace accidents, Bayesian Belief Networks used as a study analysis to represent the relationship among unsafe factors such as unsafe behavior factors, unsafe environment and unsafe equipment that lead to accidents. The data was collected through project site survey, questionnaire, and interview to OSH Managers in ten construction projects. The validation is done by applying the model on four case of a high rise building.

The results showed that were 1) unsafe factors which affect directly the construction worker accident based on the BBN model was unsafe condition and unsafe behaviour, 2) BBN model could predict the worker accidents of the construction project accurately up to 85,07%. More accurate results of construction worker accident predictions and probabilistic model can be updating in realtime events could useful to assist the practitioners and all stakeholders especially those directly involved in construction industry and to get some recommendations steps and preventive actions in order to minimize the occurrence of fatal work accidents and improve occupational safety and health (OSH) as well as to contribute knowledge about the factors that influence the occurrence of accidents.

**Keywords** : probability, construction projects, worker accident, unsafe factors, Bayesian Belief Networks

## KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas segala kemurahan dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tesis ini dengan judul “Model Prediksi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi Berbasis *Bayesian Belief Networks*”. Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat akademis yang harus ditempuh untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT) dibidang Keahlian Manajemen Proyek Konstruksi, Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Tesis ini dapat dilakukan, dilaporkan dan diselesaikan karena adanya bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat, penghargaan setinggi-tingginya dan terima kasih kepada:

1. Kementrian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas kesempatan studi lanjut yang diberikan melalui Beasiswa Program Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN).
2. Bapak Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D, selaku pembimbing dan motivator, atas kesempatan, bimbingan, dukungan, koreksi, waktu, dan motivasi selama menempuh program magister dan penyusunan tesis.
3. Bapak Ir. I Putu Artama Wiguna, ST., MT., Ph.D, selaku penguji dan motivator, atas kesempatan, bimbingan, dukungan, koreksi, waktu, dan motivasi selama menempuh program magister dan penyusunan tesis.
4. Bapak Dr. Machsus, ST., MT., selaku penguji, dan motivator, atas bimbingan, waktu, koreksi, motivasi, dan masukan yang diberikan.
5. Koordinator Program Magister Teknik Sipil FTSP ITS beserta seluruh staf (Pak Robin, Pak Fauzi, Pak Djun, Mbak Lusi, Mbak Santy, dan Mas Dimas), atas layanan administrasi yang diberikan selama masa studi.
6. Rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember beserta staf.
7. Rektor Universitas Islam Majapahit Mojokerto atas ijin studi lanjut.

8. Keluarga yang telah mendukung, ibu (Hj. Diwuk Sutrisni Adiningsih), bapak (H. Miskan), ibu mertua (Hj. Sumijah), suami ( Nanang Prianggono, SE), dan anak ( Muhammad Bagus Raharjo dan Azizah Ayu Putri Prianty), atas doa, pengorbanan, bantuan, motivasi, dan pengertian yang diberikan selama masa studi.
9. Teman-teman Program Magister Teknik Sipil dan Program Doktor Teknik Sipil FTSP ITS Angkatan 2015, atas motivasi, bantuan dan sharing suka duka selama menempuh studi. Dan special terimakasih buat Bapak Jojok, Mbak Lila, Mbak Lisa, Mbak Novi, dan Ermita, atas semuanya selama penyusunan tesis.
10. Para responden yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam mengisi kuisioner dan membagi pengalaman tentang proyek konstruksi.
11. Rektor, Dekan dan Kaprodi Teknik Sipil Universitas Islam Majapahit Mojokerto beserta seluruh staf, atas bantuan, motivasi dan pengertian selama menempuh program magister.
12. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dari awal penyusunan sampai selesainya tesis ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis selalu mengharapkan kritik dan saran yang akan menjadi masukan dalam penyempurnaan tesis ini. Akhir kata semoga tesis ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	i
<b>ABSTRAK</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xi
<b>DAFTAR TABEL</b>	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	9
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian	9
1.5 Kontribusi Penelitian	10
1.6 Sistematika Penulisa	10
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>	13
2.1 Definisi dan Terminologi	13
2.2 Dasar Teori	14
2.2.1 Proyek Konstruksi	14
2.2.2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja	15
2.2.3 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja	15
2.2.4 Kecelakaan Kerja	17
2.2.4.1 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja	17
2.2.5 <i>Unsafe Behaviour</i> (Perilaku Tidak Aman)	20
2.2.6 <i>Unsafe Condition</i> (Kondisi Tidak Aman)	22
2.2.6.1 <i>Unsafe Environment</i> (Lingkungan Tidak Aman)	22
2.2.6.2 <i>Unsafe Equipment</i> (Peralatan Tidak Aman)	23
2.2.7 <i>Bayesian Belief Network (BBN)</i>	24
2.2.7.1 Umum	24
2.2.7.2 Tabel Probabilitas Bersyarat ( <i>Conditional Probability Table</i> )	27
2.2.7.3 Eliminasi Variabel ( <i>Variable Elimination</i> )	27
2.3 Penelitian Terdahulu	28
2.3.1 Identifikasi Variabel Penelitian	36
2.3.2 Hubungan Antar Variabel Penelitian	42
2.4 Posisi Penelitian	46
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	47
3.1 Konsep dan Model Penelitian	47
3.2 Tahapan Penelitian	47
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	49
3.3.1 Populasi Penelitian	49
3.3.2 Sampel dan Responden Penelitian	49
3.3.3 Obyek Penelitian	49
3.4 Metode Pengumpulan Data	50
3.5 Metode Analisa Data	51

3.5.1	Tahap Pemodelan.....	51
3.5.2	Struktur Model <i>Bayesian Belief Network (BBN)</i> .....	52
3.5.2.1	Validasi Model <i>Bayesian Belief Network (BBN)</i> .....	57
3.5.2.2	Analisa Deviasi (Penyimpangan) .....	58
<b>BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>59</b>
4.1	Hasil Identifikasi Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi.....	59
4.2	Hasil Model Hubungan antara Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi .....	65
4.3	Studi Kasus Aplikasi Model <i>BBN</i> .....	80
4.3.1	Struktur Model <i>Bayesian Belief Networks (BBN)</i> .....	80
4.3.2	Deskripsi Singkat Studi Kasus.....	82
4.3.3	Aplikasi Model pada Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung untuk Kecelakaan Kerja.....	83
4.3.3.1	Tahapan <i>Bayesian Belief Networks (BBN)</i> .....	83
4.3.3.2	Tahapan Prediksi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi .....	85
4.3.3.3	Validasi Model.....	92
4.3.3.4	Analisa Deviasi ( $\Delta$ ).....	93
4.4	Pembahasan .....	95
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>101</b>
5.1	Kesimpulan.....	101
5.2	Saran .....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>103</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>109</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.2	Jumlah Kecelakaan Kerja Mulai Tahun 2003- 2015 (BLS, 2016) (BLS, 2016) .....	3
Gambar 1.2	Jumlah dan Tingkat Kecelakaan Kerja pada Sektor Industri Tahun 2015 (BLS, 2016) .....	4
Gambar 2.1	Kerangka Konseptual Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> ) dan Kecelakaan Pada Lokasi Konstruksi .....	18
Gambar 2.2	Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi .....	19
Gambar 2.3	Hubungan Seri .....	25
Gambar 2.4	Hubungan Divergen .....	26
Gambar 2.5	Hubungan Konvergen .....	26
Gambar 2.6	<i>Hierarchy of causal influences in construction accidents</i> .....	33
Gambar 2.7	<i>Causal relationships of macro-variables supported by qualitative and quantitative studies</i> .....	35
Gambar 2.8	Tinjauan <i>Unsafe Factors</i> Penyebab Kecelakaan Kerja .....	36
Gambar 2.9	Posisi Penelitian .....	46
Gambar 3.1	Diagram Tahapan Penelitian .....	48
Gambar 3.2	Diagram Alir <i>Bayesian Belief Networks</i> .....	52
Gambar 3.3	<i>Conceptual Model Bayesian Belief Networks</i> Awal/Sementara .....	57
Gambar 4.1	Posisi Ahli Konstruksi ( <i>Expert</i> ) dalam Proyek Konstruksi Gedung .....	59
Gambar 4.2	Pengalaman Ahli Konstruksi ( <i>Expert</i> ) dalam bidang Proyek Konstruksi Gedung .....	60
Gambar 4.3	Pengalaman Ahli Konstruksi ( <i>Expert</i> ) dalam bidang K3 pada Proyek Konstruksi Gedung .....	60
Gambar 4.4	Jenis Proyek Gedung yang telah ditangani oleh Ahli Konstruksi ( <i>Expert</i> ) .....	61
Gambar 4.5	Model <i>BBN</i> berdasarkan Hubungan antara Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi .....	81
Gambar 4.6	Pengisian probabilitas ( <i>prior</i> ) faktor persyaratan peraturan ( <i>regulatory requirements</i> ) dengan <i>Software Bayesian Network</i> ....	83
Gambar 4.7	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A Berdasarkan Model Prediksi <i>BBN</i> .....	85
Gambar 4.8	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A Berdasarkan Kondisi <i>Realtime</i> .....	86
Gambar 4.9	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B Berdasarkan Model Prediksi <i>BBN</i> .....	87
Gambar 4.10	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B Berdasarkan Kondisi <i>Realtime</i> .....	88
Gambar 4.11	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C Berdasarkan Model Prediksi <i>BBN</i> .....	88
Gambar 4.12	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C Berdasarkan Kondisi <i>Realtime</i> .....	89

Gambar 4.13	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D Berdasarkan Model Prediksi <i>BBN</i> .....	90
Gambar 4.14	Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D Berdasarkan Kondisi <i>Realtime</i> .....	90
Gambar 4.15	Hasil Probabilitas Kecelakaan Kerja Berdasarkan Model Predikso BBN pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D .....	91
Gambar 4.16	Hasil Probabilitas Kecelakaan Kerja Berdasarkan Data Realtime pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D.....	91
Gambar 4.17	Hasil Perhitungan <i>APE</i> untuk Validasi Model Proyek Gedung A, B, C, dan D .....	92
Gambar 4.18	Hasil Perhitungan Deviasi ( $\Delta$ ) Faktor Kecelakaan Kerja untuk Kategori Fatal pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D...	93
Gambar 4.19	Hasil Perhitungan Deviasi ( $\Delta$ ) Faktor Kecelakaan Kerja untuk Kategori Berat pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D .....	94
Gambar 4.20	Hasil Perhitungan Deviasi ( $\Delta$ ) Faktor Kecelakaan Kerja untuk Kategori Ringan pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Identifikasi Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> ).....	36
Tabel 2.2	Identifikasi Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor Lingkungan Tidak Aman ( <i>Unsafe Environment</i> ).....	39
Tabel 2.3	Identifikasi Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor Peralatan Kerja Tidak Aman ( <i>Unsafe Equipment</i> ).....	40
Tabel 2.4	Variabel Penelitian Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor <i>Unsafe Behaviour</i> , <i>Unsafe Environment</i> , dan <i>Unsafe Equipment</i> ..	41
Tabel 3.1	Hubungan Antar Variabel <i>Unsafe Behaviour</i> , <i>Unsafe Environment</i> , dan <i>Unsafe Equipment</i> Terhadap Kecelakaan Kerja .....	53
Tabel 3.2	Deskripsi dan <i>States</i> Variabel-variabel .....	56
Tabel 4.1	Hasil Identifikasi Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Berdasarkan Kuesioner.....	66
Tabel 4.2	Hasil Model Hubungan Antara Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi berdasarkan Matriks Ketergantungan .....	68
Tabel 4.3	Deskripsi Singkat Kasus Proyek Gedung A, B, C, dan D .....	82
Tabel 4.4	Nilai Rata-rata APE pada Proyek Konstruksi Gedung A,B,C, dan D .....	95

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Sintesa Penelitian Terdahulu .....	109
Lampiran 2	Tabel Peringkat Faktor-faktor Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> ), Lingkungan Tidak Aman ( <i>Unsafe Environment</i> ), dan Peralatan Tidak Aman ( <i>Unsafe Equipment</i> ) yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja.....	113
Lampiran 3	Kuesioner.....	115
Lampiran 4	Nilai Probabilitas ( <i>prior</i> ) Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Gedung berdasarkan Data Primer.....	133
Lampiran 5	Hasil Aplikasi Model pada Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung .....	135
Lampiran 6	Profil <i>Expert</i> (Ahli Konstruksi) dan Perusahaan Konstruksi .....	139
Lampiran 7	Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja .....	141

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri konstruksi mempunyai peranan yang sangat penting dalam proses pembangunan dan perkembangan suatu negara, baik di negara maju maupun di negara berkembang. Hal ini terlihat dari kontribusinya yang menyumbang sekitar 10% terhadap produk domestik bruto di dunia (Murie, 2007). Kontribusi industri konstruksi di Indonesia terhadap produk domestik bruto juga mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, mulai tahun 1960 sebesar 2%, tahun 1970 sebesar 4%, tahun 1980 sebesar 6%, dan tahun 1990 sebesar 6% sampai 8% (Endroyono, 2006). Sejalan dengan berkembangnya teknologi dan sektor industri lain, industri konstruksi juga mengalami kemajuan dan berkembang pesat yang ditandai banyaknya gedung bertingkat, sarana infrastruktur jalan dan jembatan, sarana irigasi dan bendungan, perhotelan, perumahan dan sarana prasarana lain. Perkembangan industri konstruksi tersebut menunjukkan tantangan yang semakin ketat dan kompleks di bidang konstruksi (Minati, 2015).

Konstruksi memiliki karakteristik yang unik bila dibandingkan dengan industri manufaktur. Bahkan dapat dikatakan bahwa setiap proyek di konstruksi berbeda satu sama lain, dengan menghadirkan permasalahan yang berbeda selama proses pengerjaannya. Perencanaan dan eksekusi proyek di bawah tekanan waktu dan anggaran yang terbatas, pekerjaan yang hampir seluruhnya dilakukan oleh tenaga kerja manusia dengan banyak keahlian, sifatnya yang sementara dan berpindah-pindah, serta pekerjaan yang sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan lingkungan sekitar adalah sedikit karakteristik yang dapat disebutkan dan yang membedakan proyek konstruksi dari proyek pada industri lain. Karakteristik-karakteristik tersebut menyebabkan proyek konstruksi memiliki kondisi yang berbahaya dan rawan terjadi kecelakaan kerja (Andi, 2005). Menurut Wirahadikusumah (2006) kegiatan industri konstruksi yang bersifat dinamis dan membutuhkan ketahanan fisik yang tinggi, serta banyak menggunakan tenaga kerja yang tidak terlatih menyebabkan konstruksi mempunyai resiko kecelakaan kerja

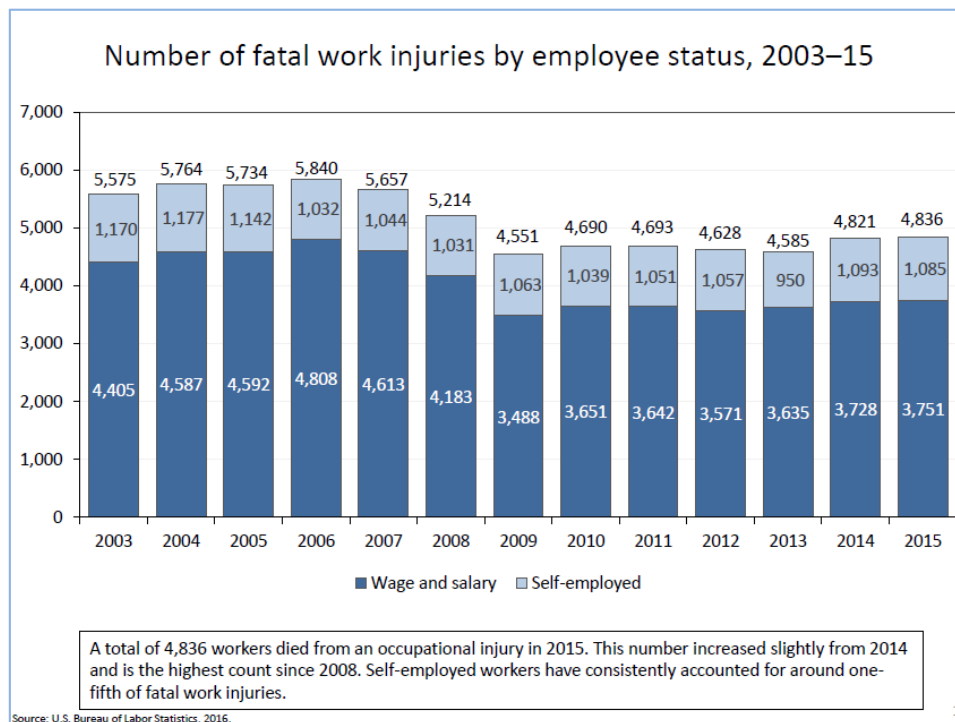
yang cukup tinggi dan ditambah dengan adanya manajemen keselamatan kerja yang sangat lemah mengakibatkan para pekerja bekerja dengan metode pelaksanaan konstruksi yang beresiko tinggi.

Keberhasilan proyek konstruksi secara tradisional diukur dalam capaian waktu, biaya, dan kualitas. Keberhasilan tersebut juga dipengaruhi oleh faktor-faktor penting (*critical success factors*). Salah satu faktor-faktor penting tersebut adalah aspek keselamatan (*safety*) dalam pelaksanaan proyek. Hal ini dikarenakan kecelakaan kerja di proyek konstruksi dapat menyebabkan pemberhentian sementara (kerugian waktu kerja), rendahnya semangat kerja, dan terganggunya kelancaran pekerjaan (penurunan produktivitas). Kerugian yang ditimbulkan termasuk juga kerugian terkait pekerja, biaya kerusakan peralatan dan material terbuang akibat terjadinya kecelakaan tersebut (Alzahrani,dkk, 2013). Selain itu, konstruksi mengakibatkan kematian pekerja dalam jumlah yang cukup besar dan penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan (Khosravi, 2014).

Masalah keselamatan dan kesehatan kerja juga memiliki dampak ekonomis yang cukup signifikan diperkirakan lebih dari 10 miliar USD. Di samping dapat mengakibatkan korban jiwa terdapat juga biaya-biaya langsung meliputi biaya pengobatan, kompensasi yang harus diberikan kepada pekerja, premi asuransi, dan perbaikan fasilitas kerja serta biaya-biaya tidak langsung yang seperti pengaruh psikologis yang negatif pada pekerja, memburuknya reputasi perusahaan, denda dari pemerintah, serta kemungkinan berkurangnya kesempatan usaha (kehilangan pelanggan pengguna jasa) (The Business Roundtable, 1987).

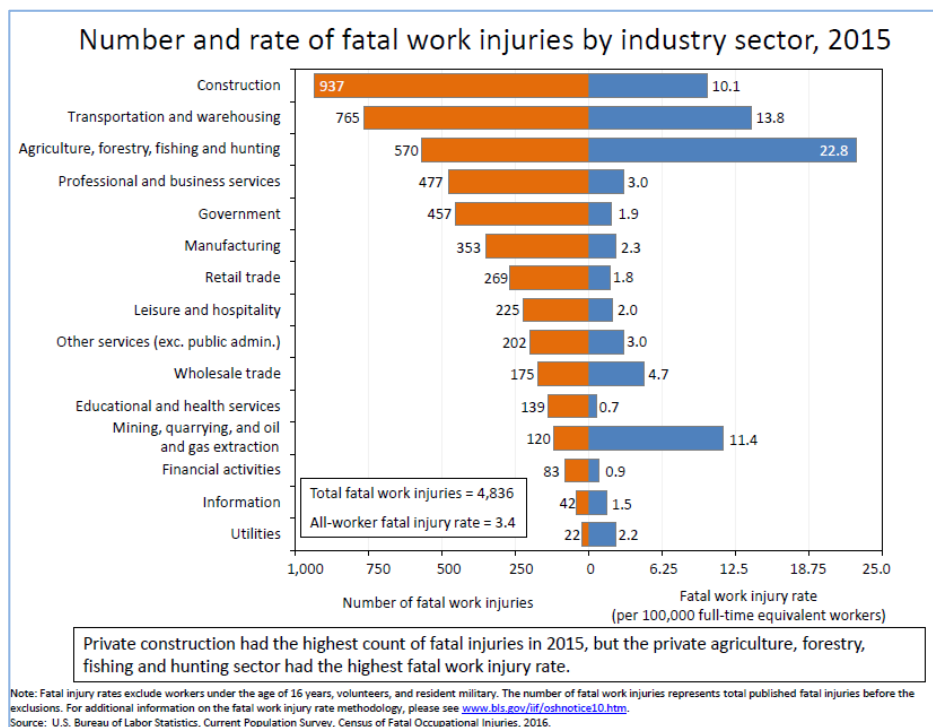
*International Labour Organization* (2013) menyebutkan setiap tahun ada lebih dari 250 juta kecelakaan di tempat kerja dan lebih dari 160 juta pekerja menjadi sakit karena bahaya di tempat kerja. Terlebih lagi, 1,2 juta pekerja meninggal akibat kecelakaan dan sakit di tempat kerja. Angka tersebut menunjukkan tingginya biaya manusia dan sosial dari produksi. Diperkirakan bahwa kerugian tahunan akibat kecelakaan kerja dan penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan di beberapa negara mencapai 4% dari produk nasional bruto (PNB).

Tingkat kecelakaan pada industri konstruksi relatif tinggi, pada tahun 2012 di Amerika Serikat prosentase kecelakaan kerja mencapai 19,6% dan 775 jiwa mengalami kematian akibat kecelakaan kerja. Industri konstruksi di Inggris yang hanya memperkerjakan sekitar 5% dari total tenaga kerja akan tetapi menyumbang 27% dari cedera fatal. Sedangkan di Hongkong dari 8% angkatan yang bekerja pada industri konstruksi, menyumbang 83% kematian (Wong, 2016). Total tahunan terdapat 4836 kecelakaan kerja yang fatal pada tahun 2015 seperti terlihat pada gambar 1.1 adalah yang tertinggi sejak tahun 2008 dan tingkat keseluruhan kecelakaan kerja fatal bagi pekerja pada tahun 2015 sebesar 3,38 per 100.000 pekerja penuh waktu (FTE) (BLS, 2016).



Gambar 1.1 Jumlah Kecelakaan Kerja Mulai Tahun 2003- 2015  
(BLS, 2016)

Berdasarkan data *United State Bureau of Labour Statistic* (2016) yang terlihat pada gambar 1.2 dimana angka kematian akibat kecelakaan kerja pada industri konstruksi sebesar 937 dan mengalami kenaikan 4% dibanding tahun 2014 sebesar 899.



Gambar 1.2 Jumlah dan Tingkat Kecelakaan Kerja pada Sektor Industri Tahun 2015 (BLS, 2016)

Masalah keselamatan dan kesehatan kerja (K3) secara umum di Indonesia masing sering terabaikan. Di Indonesia, setiap tujuh detik terjadi satu kasus kecelakaan kerja (Warta Ekonomi, 2006). Menurut data statistik kecelakaan kerja PT. Jamsostek, kasus kecelakaan kerja pada tahun 2006 tercatat sebanyak 95.624 kasus, pada tahun 2007 ada 83.714 kasus (Hidayat, 2016). Putra,dkk (2014) mencatat dalam tulisan mereka terdapat 65.000 kasus kecelakaan kerja yang terjadi di Indonesia pada tahun 2010. Sementara Pritanti,dkk (2012) juga mencatat jumlah kecelakaan kerja cenderung meningkat, pada tahun 2009 terdapat 96.324 kasus, tahun 2010 menjadi 98.711 kasus dan tahun 2011 sejumlah 99.491 kasus kecelakaan kerja.

Data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan pada bulan Juli 2015 terdapat 50.089 kasus kecelakaan dan diklaim turun dari tahun sebelumnya (BpjsKetenagakerjaan, 2015). Kecelakaan yang dialami para pekerja baik di sektor konstruksi atau operasional struktur, masih memprihatinkan karena jumlah kasusnya besar. Mengutip data Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Ketenagakerjaan, hingga akhir 2015 telah terjadi kecelakaan kerja sebanyak



105.182 kasus dan tercatat 2.375 kasus kecelakaan berat . Jumlah kecelakaan kerja tersebut dari tahun ke tahun mengalami tren peningkatan hingga 5% (BpjsKetenagakerjaan, 2016a). Kementerian Kesehatan mencatat jumlah kecelakaan akibat kerja yang jauh lebih kecil, tahun 2011 sebanyak 57.929 kasus, tahun 2012 sebanyak 60.322 kejadian, 2013 sebanyak 97.144 kecelakaan kerja dan 2014 sebanyak 40.694 kasus kecelakaan (DepKes-RI, 2015). Data-data kecelakaan kerja di atas memperlihatkan bahwa jumlah kecelakaan kerja di Indonesia sudah mencapai 100.000 kecelakaan kerja per tahun (Hidayat, 2016).

Konstruksi adalah satu sektor utama perekonomian Indonesia yang menyerap jumlah tenaga yang cukup besar. Data Biro Pusat Statistik (BPS) memperlihatkan jumlah tenaga kerja di konstruksi jauh meningkat, dari 4.844.689 orang di tahun 2010 menjadi hampir dua kali lipat ditahun 2015, sebanyak 8.208.086 orang atau sekitar 7% dari 114 juta orang pekerja (BPS, 2016). Selain itu sektor konstruksi juga dianggap salah satu sektor yang berisiko tinggi terhadap kecelakaan kerja. Data-data kecelakaan kerja yang dipaparkan sebelumnya tidak secara khusus memuat informasi kecelakaan kerja di konstruksi, namun beberapa sumber (BpjsKetenagakerjaan, 2016b; Pritanti,dkk, 2012) mencatat paling tidak 30% kasus kecelakaan kerja terjadi di sektor konstruksi. Dengan jumlah porsi tenaga kerja yang besar dan juga risiko yang besar membuat kecelakaan kerja di sektor konstruksi merupakan aspek yang perlu diperhatikan.

Menurut Fang (2004) penyebab langsung dan berkontribusi terjadinya kecelakaan meliputi perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*). Perilaku tidak aman dari pekerja (*unsafe behaviour*) menjadi akar penyebab utama dari 88% kecelakaan kerja pada industri konstruksi, 10% dikarenakan kondisi tidak aman, dan 2% disebabkan hal-hal yang tidak dapat dihindari. (Abdelhamid, 2000; Suraji, 2001; Haslam, 2005; Chi, 2013; Jiang, 2015)). Perilaku tidak aman dari pekerja (*unsafe behaviour*) menjadi akar penyebab utama dari 88% kecelakaan konstruksi ketika dikombinasikan dengan kondisi tidak aman pada lokasi konstruksi (*unsafe condition*) (Chi, 2013). Penelitian oleh Wang (2016) menyatakan perilaku tidak aman/kesalahan manusia menyebabkan 80% dari semua insiden dan kecelakaan pada industri berisiko tinggi dan kompleks seperti pertambangan, konstruksi, dan tenaga nuklir. Hal ini

dikarenakan karakteristik proyek dengan lokasi proyek yang terpisah dan desentralisasi menyebabkan kesulitan dalam mengidentifikasi dan mengelola perilaku tidak aman.

Penelitian pada industri konstruksi di Thailand, faktor penyebab yang paling berpengaruh terhadap kecelakaan kerja yaitu kondisi lokasi kerja, peralatan yang tidak aman (*unsafe equipment*), metode yang tidak aman, elemen manusia, dan faktor manajemen. Sedangkan di Amerika Serikat, penyebab kecelakaan kerja diantaranya yaitu kurangnya pelatihan yang tepat, tidak tersedianya alat pelindung diri, metode tidak aman (*sequencing*), kondisi site yang tidak aman (*unsafe environment*), dan sikap buruk terhadap keselamatan (Hamid, 2008). Menurut Suraji (2001) menyatakan dari penelitian 9.358 kecelakaan pada industri konstruksi di Amerika Serikat selama 10 tahun terakhir terdapat 17 faktor yang berkorelasi secara signifikan antara perilaku tidak aman (*unsafe behavior*) dan kondisi site tidak aman (*unsafe environment*) yang menentukan jenis kecelakaan dan keparahan cedera.

Masalah lingkungan seringkali dikaitkan dengan masalah keselamatan dan kesehatan konstruksi. Praktek yang tidak sehat dan tidak aman seperti tumpahan beton dan minyak, kebakaran, debu, bahan berbahaya (*non biodegradable*), serta dampak sanitasi yang tidak terkendali berkontribusi membawa dampak negatif terhadap lingkungan (Smallwood, 2008). Faktor lingkungan kerja dapat meliputi hal-hal yang berhubungan dengan proyek konstruksi secara langsung seperti tekanan yang berlebihan terhadap jadwal pekerjaan, peralatan dan perlengkapan keselamatan kerja yang tidak memadai, kurangnya pelatihan keselamatan kerja yang diberikan pada pekerja, kurangnya pengawasan terhadap keselamatan kerja para pekerja. Faktor lingkungan kerja dapat mendorong munculnya kesalahan dan pelanggaran pada pihak pekerja, kesalahan dan pelanggaran tersebut dapat berupa tindakan tidak aman (*unsafe behavior*) dari pekerja, contohnya pelanggaran terhadap peraturan dan prosedur keselamatan kerja, dan salah satu hasil dari tindakan tidak aman adalah timbulnya kecelakaan kerja pada pihak pekerja (Reason, 1997). Menurut Zhang (2016) peralatan yang aman menjadi sangat penting dalam kompleksitas kegiatan konstruksi. Hal tersebut dikarenakan kondisi tidak aman dari peralatan (*unsafe equipment*) mengacu pada bahaya yang tidak

terdeteksi dari peralatan produksi dan peralatan keamanan yang disebabkan oleh instalasi yang tidak tepat, konfigurasi, operasi dan sebagainya.

Teo (2005) menjelaskan penelitian sebelumnya tidak memberikan kerangka holistik yang dapat membantu manajer proyek dalam menangani berbagai kebijakan, proses, personil, dan aspek insentif yang dapat mempengaruhi keselamatan konstruksi. Menurut Khosravi (2014) keselamatan di tempat kerja adalah fenomena yang kompleks dan subjek dari kinerja keselamatan dalam industri konstruksi. Kecelakaan pada lokasi konstruksi disebabkan multifaktorial yaitu masyarakat, organisasi, manajemen proyek, pengawasan, kontraktor, kondisi situs, kelompok kerja, dan karakteristik individu.

Menurut Mohammadfam (2017) menjelaskan bahwa belum ada konsensus mengenai hubungan timbal balik antara faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku keselamatan, namun kesimpulan secara umum yang bisa diambil adalah faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku keselamatan dipengaruhi oleh dua kelompok yaitu faktor yang memiliki efek langsung (pengetahuan, motivasi, dan tekanan kerja) dan tidak langsung (budaya organisasi, budaya keselamatan, dan masalah manajerial). Pentingnya kategorisasi ini bertujuan membangun model baru dalam menemukan kekurangan dalam organisasi dan memilih intervensi perbaikan.

Sebagian besar penelitian mengenai perilaku tidak aman menggunakan metode *structural equation modelling* (Wang, 2016; Zhang 2016), *event tree*, *fault tree analysis* (Bobbio, dkk., 2001; Khakzad, dkk. 2013) namun metode-metode tersebut tidak bisa mengakomodasi *updating* kejadian *realtime*. Metode *SEM* hanya bisa mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh, *event tree* terbatas pada mitigasi dampak terjadinya kecelakaan kerja, dan *fault tree analysis* mengidentifikasi sumber penyebab terjadinya kecelakaan kerja, sehingga metode-metode tersebut tidak bisa digunakan sebagai model prediksi. Metode *bayesian belief networks (BBN)* merupakan salah satu cara yang dapat digunakan dalam model prediksi. *BBN* memiliki beberapa keunggulan dan sangat berguna dalam memprediksi intervensi keselamatan yang hanya bisa diamati dalam jangka panjang. Proses yang dikenal dengan nama *belief updating* yang disertai bukti baru merupakan kelebihan *BBN* dibandingkan dengan metode lain (Mohammadfam, 2017). Dengan struktur model grafis menjadikan metode

*bayesian networks* sebagai alat yang efektif dalam menilai dan mengelola kesehatan dan keselamatan di tempat kerja.

*Bayesian Belief Network* telah banyak diterapkan dalam penelitian karena kemampuannya dapat menarik kesimpulan dengan mengidentifikasi konsekuensi yang diharapkan dari ketidak pastian sebelum membangun intervensi yang efektif (Jitwasinkul, 2016). Dengan model keselamatan yang efektif dan berbasis pada pengetahuan, fakta-fakta dari faktor-faktor yang berkontribusi dapat meningkatkan metode bagaimana operasi konstruksi direncanakan dan dilakukan dengan aman. Kajian terhadap karakteristik pekerja yang meninggal, tipe kecelakaan dan pekerjaan, lingkungan terjadinya kecelakaan fatal dapat memberikan gambaran secara umum dan kerangka komposit mengenai kecelakaan kerja sehingga dapat merekomendasikan langkah-langkah dan tindakan preventif tambahan yang dapat diambil oleh para praktisi dan semua pemangku kepentingan dalam rangka untuk meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja yang fatal (Ling, 2009).

Pada penelitian ini objek yang dimodelkan dalam metode *bayesian belief networks* adalah *unsafe factors* yang meliputi *unsafe behavior*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* terhadap probabilitas terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi di Surabaya. Penggunaan metode *Bayesian Belief Networks* tersebut diharapkan dapat memberikan strategi terbaik pihak manajemen dalam meningkatkan kinerja keselamatan sehingga dapat mengurangi kecelakaan kerja di masa mendatang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah yang telah dijelaskan maka dapat dirumuskan permasalahan utama yang mendasari perlunya dilakukan penelitian ini adalah : Bagaimana model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi berbasis *Bayesian Belief Networks* yang dapat diupdate secara *realtime* sesuai kondisi di lapangan?

Untuk menjawab permasalahan utama maka perlu diikuti oleh beberapa sub permasalahan penelitian yang lebih detail yaitu :

1. Faktor-faktor apa saja yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi?

2. Bagaimana hubungan antara faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi?
3. Bagaimana inferensi probabilitas dan akurasi model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah : untuk membuat model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi berbasis *Bayesian Belief Networks* yang dapat diupdate secara *realtime* sesuai kondisi di lapangan. Sedangkan tujuan penelitian yang lebih detail, yaitu :

1. Untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.
2. Untuk mengidentifikasi hubungan antara faktor yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.
3. Untuk menginferensi probabilitas dan mengukur keakuratan model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

### 1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Mengingat luasnya penelitian, maka penelitian ini memiliki batasan penelitian sebagai berikut :

1. Subjek penelitian ini adalah faktor *unsafe behavior* dan *unsafe condition* (*unsafe condition of environmental* dan *unsafe condition of equipment*) yang mempengaruhi probabilitas terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi di Surabaya. Subjek penelitian tersebut berdasarkan pada kajian literatur dan penelitian terdahulu.
2. Objek pembahasan tingkat kecelakaan kerja pada penelitian ini adalah proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi (*high rise building*) di Surabaya.
3. Lingkup penelitian ini dilakukan pada Manajer K3 perusahaan konstruksi di Surabaya yang sedang atau pernah menangani proyek gedung bertingkat tinggi (*high rise building*) di Surabaya.

## 1.5 Kontribusi Penelitian

Kontribusi dan manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini antara lain yaitu :

1. Secara teoritis manfaat penelitian ini adalah untuk memperluas wawasan dan pengetahuan antara lain menemukan metode analisa yang tepat dalam memprediksi terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi yang dapat diperbaharui (*diupdate*) sesuai dengan kondisi di lapangan.
2. Dapat memberikan pemahaman yang baik mengenai faktor-faktor dan hubungan (keterkaitan) antara faktor-faktor yang signifikan mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.
3. Model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi bagi para praktisi, professional, dan semua pemangku kepentingan diharapkan bermanfaat dalam upaya meningkatkan akurasi prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi, dapat diterapkan di lapangan, dan dapat memberikan kontribusi pengetahuan mengenai keselamatan kerja, rekomendasi langkah-langkah serta tindakan preventif yang dapat diambil dalam rangka meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja yang fatal dan meningkatkan kinerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada proyek konstruksi.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Tesis ini secara garis besar dibagi menjadi beberapa bab sebagai berikut:

### **BAB 1           Pendahuluan**

Menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, dilanjutkan dengan perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup dan batasan penelitian, sampai dengan kontribusi penelitian.

### **BAB 2           Kajian Pustaka**

menjelaskan mengenai definisi dan terminologi, faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja yang meliputi faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*); metode *Bayesian Belief Networks*; identifikasi variabel; hubungan antara variabel hingga posisi penelitian.

**BAB 3           Metoda Penelitian**

menjelaskan mengenai metode penelitian yang meliputi konsep dan model penelitian; tahapan penelitian; populasi dan sampel penelitian; obyek penelitian; metode pengumpulan data; metode analisa data; tahapan pemodelan; struktur model *BBN* hingga validasi model *BBN*.

**BAB 4           Analisis Data Dan Pembahasan**

menjelaskan tentang hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan meliputi hasil struktur model *BBN*; aplikasi model pada studi kasus proyek konstruksi gedung untuk prediksi terjadinya kecelakaan kerja yang didalamnya memuat tahapan *BBN*, tahapan prediksi kecelakaan kerja, pengujian model, analisa serta pembahasan.

**BAB 5           Kesimpulan Dan Saran**

berisi kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian ini.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi dan Terminologi**

Agar konteks penelitian diperoleh pemahaman yang lebih dalam dan akurat serta sesuai dengan makna yang disampaikan oleh peneliti dan persepsi pembaca, maka pada awal bab tinjauan pustaka ini peneliti mendeskripsikan definisi dan terminologi yang digunakan dalam penelitian ini yang meliputi :

(1) Menurut Mohammadfam (2017) *unsafe behaviour* (perilaku tidak aman) didefinisikan sebagai perilaku yang melibatkan pekerja tanpa mempertimbangkan peraturan keselamatan, standar, prosedur, instruksi dan kriteria yang ditetapkan yang mempengaruhi dan membahayakan pekerja itu sendiri maupun rekan-rekan dan lingkungan sekitarnya. (2) *Unsafe condition* (kondisi yang berbahaya) yaitu faktor-faktor lingkungan fisik yang dapat menimbulkan kecelakaan (Hidayat, 2016). (3) *Unsafe environment* (lingkungan tidak aman) adalah suatu kondisi fisik dan teknik dari lingkungan yang tidak aman (Abdelhamid, 2000). (4) *Unsafe equipment* (peralatan tidak aman) adalah kondisi tidak aman dari peralatan menimbulkan bahaya yang tersembunyi dari peralatan produksi yang disebabkan oleh instalasi yang tidak benar, konfigurasi, dan operasional (Zhang, 2016). (5) Menurut Hinze (1997) kecelakaan kerja adalah kejadian yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak ada unsur kesengajaan yang berhubungan dengan pekerjaan yang dapat menyebabkan cedera atau kesakitan (tergantung dari keparahannya), kejadian kematian atau kejadian yang dapat menyebabkan kematian. (6) Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek yang melibatkan sejumlah sumber daya, dan dalam proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (*triple constraint*) yaitu sesuai spesifikasi yang ditetapkan, sesuai *time schedule*, dan sesuai dengan biaya yang direncanakan menjadi suatu hasil yang berupa bangunan (Ervianto, 2005). (7) Probabilistik merupakan ketidakpastian informasi dan menghasilkan pemecahan yang tidak pasti. Menurut Taylor (2001), estimasi probabilitas seringkali ditentukan dengan

berbagai cara antara lain berdasarkan kepercayaan, pengalaman, dan pengetahuan pribadi atas suatu kejadian. (8) *Bayesian Belief Network* adalah alat untuk representasi pengetahuan dan penalaran dalam kondisi ketidakpastian, dan menyajikan secara visual hubungan probabilitas antara variabel yang memiliki komponen kualitatif berupa *DAG (Directed Acyclic Graph)* dan komponen kuantitatif *CPT (Conditional Probability Table)* (Lee, dkk, 2009).

## **2.2 Dasar Teori**

Pada sub bab dasar teori, peneliti akan mengkaji beberapa teori dasar dari penelitian, faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja, dan konsep pemodelan.

### **2.2.1 Proyek Konstruksi**

Karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi yaitu unik, melibatkan sejumlah sumber daya, dan membutuhkan organisasi (Ervianto, 2005). Proyek konstruksi memiliki karakteristik yang dibatasi dalam tiga dimensi, yaitu :

1. Proyek bersifat unik, keunikan proyek konstruksi adalah tidak pernah terjadi rangkaian kegiatan yang sama (tidak ada proyek identik, yang ada adalah proyek sejenis), bersifat sementara, dan selalu melibatkan grup pekerja yang berbeda-beda.
2. Membutuhkan sumber daya (*resources*), setiap proyek konstruksi membutuhkan sumber daya, yaitu pekerja dan ‘sesuatu’ (uang, mesin, metode, material).
3. Membutuhkan organisasi, setiap organisasi mempunyai keragaman tujuan dimana di dalamnya terlibat sejumlah individu dengan ragam keahlian, ketertarikan, kepribadian dan juga ketidakpastian.

Proyek konstruksi dapat diartikan sebagai proyek yang melibatkan banyak pihak dan terjadi banyak proses yang kompleks sehingga setiap proyek unik adanya. Tidak ada proyek yang identik, yang ada adalah proyek yang sejenis, proyek bersifat sementara dan selalu terlibat grup pekerja yang berbeda-beda (Santosa, 2009).

### **2.2.2 Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

Kondisi keselamatan kerja yang optimal adalah sarana utama untuk mencegah kecelakaan kerja, cacat dan kematian akibat dari kecelakaan kerja. Keselamatan kerja bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan, dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja, dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan, sedangkan kesehatan kerja berhubungan dengan situasi dan lingkungan tempat kerja yang menyebabkan gangguan kesehatan (Maurits, 2008).

Keselamatan dan kesehatan kerja adalah kondisi-kondisi dan faktor-faktor yang berdampak atau dapat berdampak, pada kesehatan dan keselamatan karyawan atau pekerja lain (termasuk pekerja kontrak dan personel kontraktor, orang lain di tempat kerja (OHSAS 18001:2007).

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER.05/MEN/1996 Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang selanjutnya disingkat K3 adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi Keselamatan dan Kesehatan Tenaga Kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja (PAK).

### **2.2.3 Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja**

Sistem Manajemen K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) menurut Permenaker No 5 Tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

Menurut Santosa (2009) Sistem Manajemen K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) terdiri atas kegiatan perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan penerapan, pencapaian pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan kerja yang bertujuan untuk pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja dan tercapainya lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif.

Sedangkan pengertian Sistem Manajemen K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) menurut standar OHSAS 18001:2007 ialah bagian dari sebuah

sistem manajemen organisasi (perusahaan) yang digunakan untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan K3 dan mengelola risiko-risiko K3 organisasi (perusahaan) tersebut. Dalam UU No.1 Tahun 1970 Pasal 3 ayat 2, syarat keselamatan kerja adalah sebagai berikut :

- a. Mencegah dan mengurangi kecelakaan
- b. Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran
- c. Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan
- d. Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya
- e. Memberi pertolongan pada kecelakaan
- f. Memberi alat-alat perlindungan diri pada para pekerja
- g. Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran
- h. Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psychis, peracunan, infeksi dan penularan
- i. Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai
- j. Menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik
- k. Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup
- l. Memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban
- m. Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya;
- n. Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang
- o. Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan
- p. Mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar-muat, perlakuan dan penyimpanan barang
- q. Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya
- r. Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi.

#### 2.2.4 Kecelakaan Kerja

Menurut Abdelhamid (2000) kecelakaan adalah suatu peristiwa yang tidak direncanakan dan tidak terkendali dimana tindakan atau reaksi dari suatu obyek, substansi, orang serta radiasi yang menyebabkan probabilitas atau cedera pribadi. Kecelakaan adalah kejadian yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak ada unsur kesengajaan (Hinze, 1997).

Dalam penelitian oleh Hidayat (2014) kecelakaan kerja didefinisikan sebagai kejadian yang berhubungan dengan pekerjaan yang dapat menyebabkan cedera atau kesakitan (tergantung dari keparahannya), kejadian kematian atau kejadian yang dapat menyebabkan kematian.

Kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi berhubungan dengan pekerjaan, termasuk penyakit yang timbul dari hubungan kerja (Sakinah, 2015).

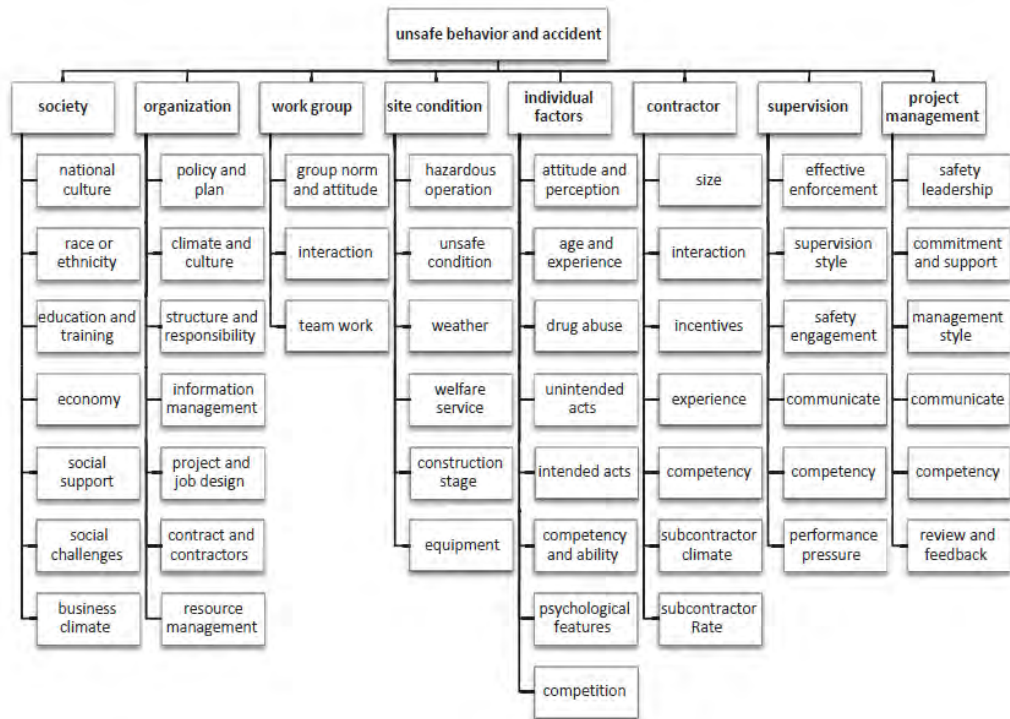
##### 2.2.4.1 Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja

Dari studi literatur yang dilakukan oleh Khosravi (2014) dengan mengkategorikan 52 literatur berdasarkan desain penelitian, jenis, metode pengumpulan data, analisa data, dan variabel diperoleh faktor paling penting yang mempengaruhi perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) dan kecelakaan adalah karakteristik individu. Pada gambar 2.1 memperlihatkan identifikasi variabel-variabel karakteristik individu yang berpengaruh langsung terhadap kecelakaan kerja adalah tindakan tidak aman (*unsafe acts*) dan tidak tersedianya pengaman/perlindungan pada peralatan kerja. Sedangkan untuk sikap, motivasi, usia, dan pengalaman kerja memiliki hubungan positif dengan perilaku tidak aman dan kecelakaan. Perubahan lingkungan yang cepat memberikan dampak terhadap kondisi site meliputi kondisi tidak aman, peralatan yang tidak aman, dan cuaca yang buruk.

Menurut Hidayat (2016) secara garis besar sebab-sebab terjadinya kecelakaan bisa dikelompokkan menjadi dua yaitu :

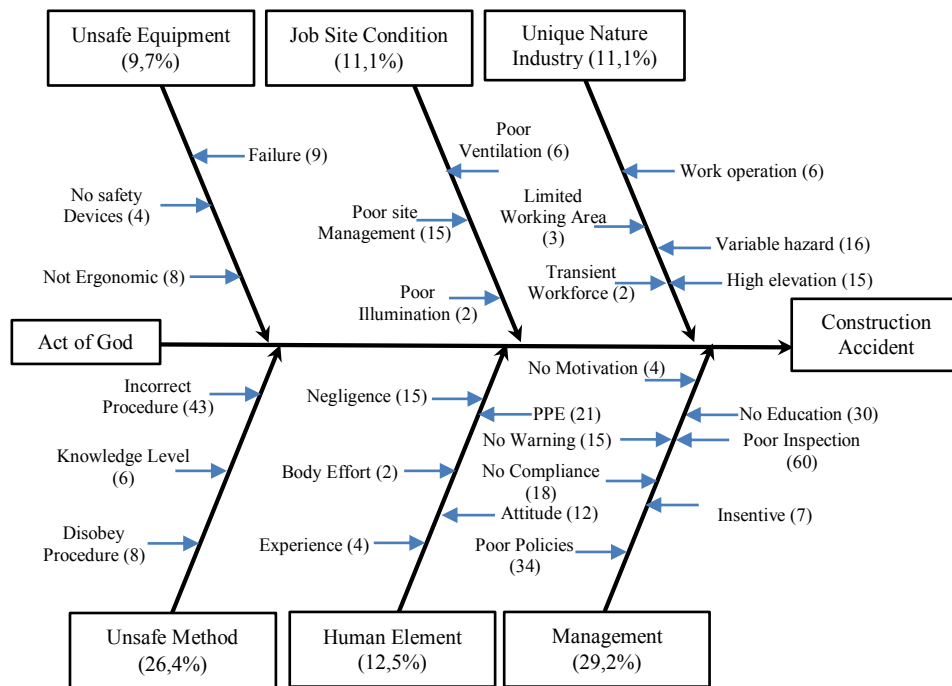
- a. Kondisi yang berbahaya (*unsafe condition*) yaitu faktor-faktor lingkungan fisik yang dapat menimbulkan kecelakaan seperti mesin tanpa pengaman, penerangan yang tidak sesuai, alat pelindung diri (APD) yang tidak efektif, lantai yang berminyak, pencahayaan kurang, silau, mesin yang terbuka.

Tindakan yang berbahaya (*unsafe act*) yaitu perilaku atau kesalahan-kesalahan yang dapat menimbulkan kecelakaan seperti ceroboh, tidak memakai alat pelindung diri, gangguan kelengahan, mengantuk, kelelahan, kesehatan, gangguan penglihatan, penyakit, cemas serta kurangnya pengetahuan dalam proses kerja dan cara kerja.



Gambar 2.1 Kerangka Konseptual Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Tidak Aman (*Unsafe Behaviour*) dan Kecelakaan pada Lokasi Konstruksi (Khosravi, 2014)

Hasil laporan 128 kasus kecelakaan kerja pada industri konstruksi disajikan pada gambar 2.2 yang menunjukkan bahwa penyebab kecelakaan kerja terutama dikaitkan dengan manajemen (*management*), metode tidak aman (*unsafe method*), kondisi lingkungan kerja yang tidak aman (*job site condition*), karakteristik proyek yang bersifat unik (*unique nature industry*), peralatan yang tidak aman (*unsafe equipment*), dan faktor manusia (*human element*).



Gambar 2.2 Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi (Hamid, 2008)

Dalam penelitian Abdelhamid (2000) dijelaskan ada beberapa teori penyebab kecelakaan yaitu :

### 1. *Domino Theory*

Pada tahun 1930, penelitian mengenai teori penyebab kecelakaan telah dirintis oleh Heinrich yang membahas mengenai hubungan antara manusia dan mesin, tingkat keparahan dan frekuensi, alasan tindakan tidak aman, pengaruh manajemen terhadap tindakan pencegahan, biaya kecelakaan, dan pengaruh keselamatan terhadap efisiensi. Dengan mengembangkan model *Domino Theory* didapatkan lima domino dalam model yaitu lingkungan sosial, tindakan tidak aman, bahaya mekanik dan fisik, kecelakaan, dan cedera.

### 2. *Multiple Causation Model*

Teori ini diperkenalkan oleh Petersen dengan berbasis *non-domino*. Dalam teori ini banyak faktor, penyebab, dan sub penyebab. Penyebab utama dari kecelakaan seringkali berhubungan dengan sistem manajemen, kebijakan manajemen, prosedur, pengawasan, dan pelatihan.

### 3. *Human Error Theorities*

Dalam teori ini menyebutkan bahwa model perilaku dan faktor manusia menjadi penyebab utama kecelakaan. Kecenderungan manusia dalam berbuat salah dan tidak aman dipengaruhi oleh situasi dan kondisi lingkungan. Selain karakteristik manusia yang tidak aman, penyebab utama kecelakaan juga meliputi desain tempat kerja dan tugas-tugas yang melebihi kapasitas kemampuan fisik dan psikologis manusia.

Menurut Suraji (2001) model sebab akibat kecelakaan yang pertama kali diusulkan yaitu *Heinrich's domino theory*. Teori *domino* menganggap bahwa perilaku tidak aman didahului dan dipengaruhi oleh faktor sosial dan lingkungan yang menyebabkan terjadinya kecelakaan dan cedera. Teori domino dimodifikasi oleh Bird yang menunjukkan bahwa aspek manajemen dan organisasi yang mendasari secara fundamental penyebab kecelakaan. Pada tahun 1989 diperkenalkan teori *fishbone* oleh Nishima dengan menggambarkan empat faktor yang terkait dengan perilaku tidak aman dan *unsafe states* yaitu yang terkait dengan manusia, peralatan, pekerjaan, dan manajemen. Kemudian pada tahun 1990, Reason mengusulkan *tripod model* yaitu meliputi interkoneksi antara kecelakaan, tindakan tidak aman, dan *resident pathogen* (kesalahan teknis misalnya keputusan yang keliru oleh pihak manajemen). Tindakan tidak aman disebutkan dalam *tripod model* meliputi beban kerja yang tinggi (*high workload*), tekanan waktu (*undue time pressure*), persepsi salah terhadap bahaya (*inappropriate perception of hazards*).

#### **2.2.5 *Unsafe Behaviour (Perilaku Tidak Aman)***

Dari hasil studi literatur istilah-istilah perilaku tidak aman yang diterjemahkan oleh beberapa ahli antara lain yaitu :

1. Dari kata *unsafe behavior* menurut Hamid (2008), Khosravi (2014), Oswald (2013), Chi (2013), Andi (2005), Shin (2014), Han (2010), Wang (2016), dan Mohammadfam (2017).
2. Dari kata *unsafe acts* menurut Cheng (2010), Abdelhamid (2000), dan Manuel (2011).

Menurut Andi (2005) perilaku tidak aman pekerja meliputi kesalahan atau kelalaian yang dilakukan manusia. Ada tiga tingkatan perilaku yaitu kesalahan yang



berhubungan dengan keahlian dan kebiasaan pekerja (*skill based error*), kesalahan dalam memenuhi standard dan prosedur yang berlaku (*rule based error*), kesalahan dalam mengambil keputusan dikarenakan kurangnya pengetahuan (*knowledge based error*).

Faktor pekerja merupakan faktor yang sangat rentan terhadap kecelakaan kerja. Beberapa penelitian berhasil mengidentifikasi beberapa faktor manusia yang menyebabkan kecelakaan kerja yaitu umur, kemampuan, pengalaman, obat-obatan/alkohol, gender, stres, kelelahan (*fatigue*), dan motivasi kerja (Maurits, 2008). Menurut Langford (2000) faktor-faktor perilaku memberikan kontribusi terhadap sikap dan perilaku tentang keselamatan. Faktor-faktor perilaku tersebut meliputi :

- a. Faktor sejarah yang terdiri dari informasi pribadi seperti usia, pengalaman kerja, dan pelatihan.
- b. Faktor ekonomi seperti sistem pembayaran, metode penghargaan, bonus produktivitas.
- c. Faktor psikologis manusia seperti pelatihan, kecenderungan menerima bahaya dan pengambilan resiko, tingkat keterampilan
- d. Faktor pengembangan teknis seperti kondisi peralatan yang sudah usang/tua dan peralatan tidak ada *safety device*.

Menurut Ersam (2007) penyebab perilaku tidak aman meliputi serangkaian kegiatan diantaranya yaitu :

- a. Tidak menyadari adanya bahaya
- b. Kelalaian dalam bekerja
- c. Tidak mengikuti prosedur/peraturan yang ada
- d. Kelelahan akibat lembur yang berlebihan
- e. Kurangnya pengetahuan
- f. Kurangnya pengalaman
- g. Stress
- h. Tidak menggunakan APD
- i. Tidak serius dalam bekerja
- j. Kurangnya motivasi

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu menjelaskan bahwa akar penyebab utama kecelakaan kerja adalah perilaku pekerja yang tidak aman, maka dalam penelitian ini dipergunakan istilah perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) sebagai penyebab kecelakaan kerja

#### **2.2.6 Unsafe Condition (Kondisi Tidak Aman)**

Menurut Abdelhamid (2000) kondisi tidak aman adalah suatu kondisi fisik lingkungan seperti tata letak tempat kerja (lokasi kerja) yang tidak aman (*unsafe environment*) dan kondisi peralatan yang tidak memenuhi standar keselamatan (*unsafe equipment*). Contoh kondisi tidak aman (*unsafe condition*) meliputi kondisi perancah yang tidak benar, peralatan yang rusak, beban yang berlebih pada peralatan, dan sisi lantai yang terbuka.

##### **2.2.6.1 Unsafe Environment (Lingkungan Tidak Aman)**

Lingkungan kerja konstruksi merupakan tempat atau lokasi dimana sumber daya manusia yang ada menjalankan aktivitas kerja dalam proses konstruksi. Tempat kerja ialah tiap ruangan atau lapangan, tertutup atau terbuka, bergerak atau tetap dimana tenaga kerja bekerja, untuk keperluan suatu usaha dan terdapat sumber-sumber bahaya. Yang termasuk tempat kerja adalah semua ruangan, lapangan, halaman, dan sekelilingnya yang merupakan bagian-bagian atau berhubungan dengan tempat kerja tersebut (UU RI No.1 Tahun 1970). Menurut Nawangwulan (2008) lingkungan kerja konstruksi adalah tempat kerja dimana pekerja konstruksi bekerja yang secara keseluruhan berpotensi terjadinya bahaya kecelakaan kerja.

Penelitian oleh Abdelhamid (2000) menyatakan bahwa kondisi lingkungan yang tidak aman meliputi lantai yang licin, kurangnya ventilasi dan mengabaikan peraturan *housekeeping*. Menurut Ersam (2007) faktor lingkungan yang menyebabkan kecelakaan meliputi lokasi yang kotor akibat benda-benda yang berserakan, jalan yang licin, lingkungan yang berbahaya, debu, kontak dengan bahan kimia, dan tanda bahaya tidak ada.

Menurut Andi (2005) lingkungan kerja yang baik hendaknya membuat pekerja merasa aman dan tidak merasa canggung dalam melakukan pekerjaannya.

Pada proyek konstruksi sedapat mungkin dibentuk suatu lingkungan kerja yang kondusif, seperti budaya tidak saling menyalahkan bila ada tindakan berbahaya atau kecelakaan yang terjadi pada pekerja, tidak memberikan tekanan berlebihan terhadap pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Keadaan lingkungan kerja yang kondusif dapat mendukung penerapan program keselamatan kerja dengan optimal bila seluruh pekerja mengutamakan program keselamatan kerja, dan dengan lingkungan kerja yang semakin kondusif diharapkan dapat meningkatkan motivasi pekerja.

#### **2.2.6.2 *Unsafe Equipment* (Peralatan Tidak Aman)**

Pada penelitian Abdelhamid (2000) menjelaskan pada kondisi peralatan yang tidak aman disebabkan oleh kondisi peralatan yang rusak/sistem peralatan yang gagal, perlakuan alat dengan kondisi beban yang berlebih, dan tidak tersedianya alat pengaman pada peralatan. Dengan kondisi dan proses produksi yang semakin kompleks sangat penting memastikan keamanan peralatan. Kondisi tidak aman dari peralatan menimbulkan bahaya yang tersembunyi dari peralatan produksi yang disebabkan oleh instalasi yang tidak benar, konfigurasi, dan operasional (Zhang, 2016).

Peralatan yang tidak aman menjadi penyebab dari kecelakaan seperti kondisi alat-alat yang rusak, peralatan dalam kondisi terbuka (tidak terlindungi), penyimpanan peralatan yang tidak tepat (Shin, 2014). Menurut Ersam (2007) faktor peralatan yang menyebabkan kecelakaan diantaranya yaitu alat pelindung diri yang tidak mencukupi, tidak adanya *safety device*, peralatan tidak terpelihara, peralatan tidak berfungsi (*malfunction*), letak alat yang tidak semestinya, peralatan sulit untuk dioperasikan, peralatan sudah usang/tua, dan penggunaan peralatan yang salah.

Dari hasil studi literatur, selanjutnya *unsafe factors* yang dipakai sebagai subyek penelitian ini yaitu *unsafe behaviour* (perilaku tidak aman), *unsafe environment* (lingkungan tidak aman), dan *unsafe equipment* (peralatan tidak aman).

## 2.2.7 Bayesian Belief Network (BBN)

### 2.2.7.1 Umum

*Bayesian Belief Network* yang diprakarsai oleh Tn. Rev Thomas Bayes, mengikuti aturan rumus matematis berupa teori probabilitas bersyarat. Adapun persamaan Bayes yang paling mendasar adalah :

$$P(b|a) = \frac{P(a|b) \times P(b)}{P(a)} \quad (1)$$

$P(a)$  adalah probabilitas  $a$ , dan  $P(b)$  adalah probabilitas  $b$ , dan  $P(a|b)$  adalah probabilitas  $a$  bila diketahui peristiwa  $b$  sudah terjadi (McCabe, dkk, 1998; Olmus dan Erbas, 2004; Joseph, dkk, 2010).

*Belief Network* yang disebut juga *Bayesian Network* adalah sebuah model grafis probabilistik yang mempresentasikan sekumpulan variabel dan kebebasan probabilistiknya. Dalam pemodelan *Bayesian Network* menggunakan *Directed Acyclic Graph (DAG)*, dimana setiap node mewakili satu variabel dan *arc (edge)* melambangkan kondisi ketergantungan antar variabel. Ketergantungan tersebut diukur oleh *conditional probability* untuk setiap node dengan *parent node*-nya (Langseth dan Portinale, 2007).

Jika variabel-variabel dari jejaring adalah  $\{X_i, i=1, K, n\}$  dan  $P_a(X_i)$  menggambarkan *parent* dari  $X_i$ , maka parameter dari jejaring ini adalah sebuah himpunan distribusi  $\{P(X_i|P_a(X_i), i=1, K, n\}$ . Probabilitas ini menjelaskan *joint probabilities distribution* untuk seluruh jejaring sebagai berikut (Neapolitan, 2003; Dreiseitl, 2010) :

$$P(X_1, K, X_n) = \prod_{i=1, \dots, n} P(X_i / P_a(X_i)) \quad (2)$$

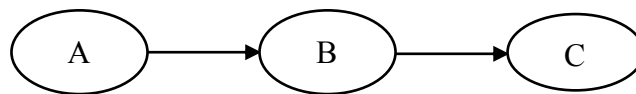
Untuk mendefinisikan sebuah jejaring Bayesian, maka terlebih dahulu dispesifikasikan yaitu dengan tahapan :

1. Variabel-variabel untuk  $X_1, X_2, \dots, X_n$
2. Hubungan antara variabel-variabel tersebut. Hubungan ini mempresentasikan pengaruh kausal antar variabel-variabel.
3. Jejaring yang dibentuk dari variabel-variabel ini dan hubungan-hubungan di antaranya haruslah merupakan sebuah *DAG*.
4. Probabilitas setiap variabel terhadap *parent*-nya, yaitu  $P(X_i/P_a(X_i))$  untuk  $i=1, \dots, n$

Struktur aktual *Bayesian Network* tergantung urutan tertentu dari variabel yang digunakan. Semua urutan konsisten dengan arah panah pada *DAG* yang menghasilkan tipologi yang sama. *Network* yang tepat adalah network yang kausal dengan probabilitas distribusi  $P()$ , terdiri dari variabel  $X$  dan  $Y$  dikatakan bersyarat independen  $Z$  jika :  $P(x|y,z)=P(x|z)$ , dimana  $P(y,z)>0$  (Starr dan Shin, 2004). Dalam membentuk *BBN* ada dua sumber informasi yang dapat diandalkan yaitu masukan dari para pakar (ahli) dan data statistik. Seorang pakar (ahli) harus memandu pembentukan model, mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang relevan dan menjelaskan asumsi ke seluruh kelompok model (Langseth dan Portinale, 2007).

Hubungan antara variabel terdiri atas :

#### 1. Hubungan seri

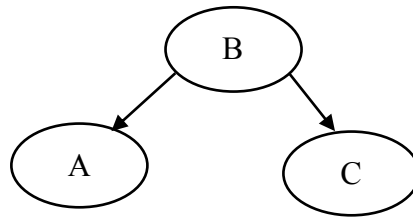


Gambar 2.3 Hubungan Seri  
(Starr dan Shi ,2004; Langseth dan Portinale, 2007)

Pada gambar 2.3, keadaan variabel A akan mempengaruhi variabel B, dan B pada gilirannya akan mempengaruhi variabel C. Demikian pula, jika kita memiliki bukti mengenai keadaan variabel C, maka penyebabnya variabel B, dan dari variabel A. Namun, jika B adalah tetap, maka ini sudah cukup untuk menentukan probabilitas dari variabel C. Setiap pengaruh akan memiliki efek lebih lanjut tentang variabel C. Demikian pula, variabel C tidak akan mampu mempengaruhi variabel A. Variabel A dan C adalah independen dipengaruhi variabel B, atau bahwa variabel A dan C dipisahkan oleh variabel B, atau bahwa variabel A dan C dipisahkan oleh variabel B.

#### 2. Hubungan Divergen

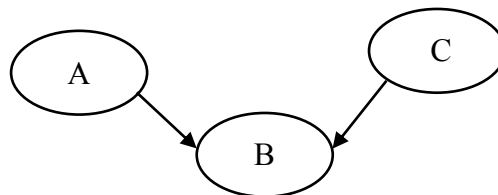
Melalui variabel B, bukti mengenai variabel A akan mempengaruhi variabel C, dan bukti tentang variabel C akan mempengaruhi variabel A. Namun, jika B adalah tetap, maka distribusi probabilitas variabel A diketahui dan variabel C tidak berpengaruh, maka variabel A dan C menjadi independen jika variabel B tetap. Dalam hubungan divergen, A dan C dipisahkan oleh B. Selengkapnya diperlihatkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Hubungan Divergen  
(Starr dan Shi, 2004; Langseth dan Portinale, 2007)

### 3. Hubungan Konvergen

Hubungan Konvergen, ditunjukkan pada gambar 2.5, berbeda dengan jenis hubungan sebelumnya. Jika variabel B tidak diketahui, maka variabel A dan C yang independen salah satu dari kemungkinan penyebab variabel B tidak akan berpengaruh. Namun, jika konsekuensi diketahui, maka kemungkinan penyebab dapat menjelaskan penyebab lain, misalnya variabel A mungkin bukan penyebabnya, maka lebih mungkin variabel C. Hubungan konvergen terjadi jika salah satu variabel merupakan variabel hubungan (variabel B) salah satu dari turunan telah terbukti.



Gambar 2.5 Hubungan Konvergen  
(Starr dan Shi, 2004; Langseth dan Portinale, 2007)

Pada dasarnya Bayesian Belief Networks, memiliki banyak keuntungan dan kelemahan. Menurut Luu, dkk (2009) dan McCabe, dkk (1998), *BBN* memiliki keuntungan utama yaitu (1) *BBN* memberikan fleksibilitas besar dalam kapasitas untuk menerima masukan dan memberikan output, (2) *BBN* memiliki kemampuan untuk memungkinkan nilai dari variabel yang akan dimasukkan yang dikenal sebagai masukan atau untuk mengevaluasi kemungkinan variabel sebagai output sistem, (3) *BBN* mudah dapat menghitung probabilitas peristiwa sebelum dan setelah pengenalan bukti dan memperbarui diagnosis atau prediksi, (4) *BBN* dapat dikembangkan menggunakan pendapat ahli tidak membutuhkan data historis, (5) *BBN* juga memungkinkan variabel yang akan ditambahkan atau dihapus tanpa

secara signifikan mempengaruhi sisa jaringan karena modifikasi ke jaringan dapat diisolasi, dan (6) *BBN* memberikan wawasan tentang hubungan antar variabel dari proses karena tampilan grafis.

#### **2.2.7.2 Tabel Probabilitas Bersyarat (*Conditional Probability Table*)**

Dalam model Bayesian setiap node memiliki tabel probability bersyarat (*CPT*) yang terkait dengan nodenya (Motidyang, 2007). Probabilitas bersyarat merepresentasikan kemungkinan (*likelihoods*) berdasarkan informasi sebelumnya atau pengalaman masa lalu (Sahely dan Bagley, 2001). Setiap variabel *parent* dan setiap kemungkinan *state* variabel, ada baris dalam *CPT* yang menggambarkan kemungkinan node anak terdiri dari beberapa state (McCabe, dkk, 1998; Olmus dan Erbas, 2004). Jumlah distribusi probabilitas yang dibutuhkan untuk mengisi *CPT* tumbuh secara eksponensial dengan jumlah node *parent* yang terkait dengan tabel. *CPT* biasanya ditentukan berdasarkan pendapat ahli (*expert opinion*) dan data eksperimen (*experimental data*) (Sahely dan Bagley, 2001)

#### **2.2.7.3 Eliminasi Variabel (*Variable Elimination*)**

Secara umum, dalam *Bayesian Network* ada dua metode inferensi yaitu *Exact Inference* dan *Approximate Inference*. Istilah inferensi (*inference*) biasa dikatakan sebagai proses pengambilan kesimpulan. Dalam konteks *Bayesian Networks*, inference merupakan proses perhitungan sebaran probabilitas dalam sekumpulan variabel yang dipertanyakan dengan diketahui nilai dari sekumpulan variabel bukti (*evidence*) (Langseth dan Portinale, 2007). *Inference* diperoleh dari hubungan setiap node yang ada pada struktur *Bayesian*. Untuk setiap perubahan yang terjadi dari sebuah node maka akan mempengaruhi nilai probabilitas dari node-node yang lain, yang secara langsung maupun tidak langsung berhubungan dengan node tersebut.

*Variable Elimination* merupakan salah satu bagian algoritma *Exact Inference* yang populer digunakan karena memiliki performa yang baik (Dreiseitl, 2010). Dalam algoritma *variable elimination*, variabel lain, selain yang dipertanyakan, dieliminasi satu persatu dengan menjumlahkan variabel tersebut. Kompleksitas algoritma dapat dihitung dari jumlah perkalian serta penambahan

numerik yang dilakukan dalam proses. Urutan eliminasi variabel dapat dihitung dari jumlah perkalian serta pertambahan numerik yang dilakukan dalam proses. Urutan eliminasi variabel dapat dihitung dengan formula (Richards, 2008) :

$$\sum_{x1} \sum_{x2} K \sum_{xm} \prod_j \Pr (X_j | PaX_j) \quad (3)$$

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Studi literatur dilakukan terhadap penelitian-penelitian terdahulu bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencari variabel-variabel *unsafe behavior*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* yang berpengaruh terhadap probabilitas tingkat kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Abdelhamid (2000) yang bertujuan mengidentifikasi akar penyebab kecelakaan kerja dengan mengusulkan model *ARCTM* (*An Accident Root Causes of Construction Accident*) yang meliputi gagal dalam mengidentifikasi kondisi tidak aman sebelum maupun sesudah kegiatan dimulai, memutuskan untuk melanjutkan dengan aktivitas kerja setelah pekerja mengidentifikasi kondisi yang tidak aman yang ada, dan memutuskan dari awal untuk bertindak tidak aman. Dengan teknik investigasi studi kasus kecelakaan kerja berdasarkan jenis kecelakaan dan penyebab terjadinya diperoleh hasil bahwa model *ARCTM* menekankan kebutuhan untuk menentukan kondisi bagaimana yang tidak aman sebelum maupun setelah kegiatan dimulai dan mengusulkan bahwa kondisi tidak aman disebabkan tiga penyebab tindakan manajemen yang lamban, tindakan tidak aman dari pekerja atau rekan kerja, kondisi yang tidak aman yang merupakan bagian alami dari kondisi lokasi konstruksi awal.

Menurut Suraji (2001) dalam penelitiannya di negara Inggris, 67% pekerja pada sektor konstruksi beresiko mengalami kecelakaan. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab kecelakaan dari lima ratus kejadian kecelakaan di negara Inggris. Hasil penelitian menemukan dua faktor yaitu distal dan proksimal. Faktor proksimal merupakan faktor penyebab langsung terjadinya kecelakaan seperti perencanaan konstruksi (28,8%), kontrol konstruksi yang tidak sesuai (16,6%), operasi konstruksi yang tidak aman (88%), tindakan operasi yang tidak sesuai (29,9%), kondisi lingkungan kerja yang tidak aman (6%). dan faktor distal merupakan faktor penyebab tidak langsung terjadinya kecelakaan



meliputi kendala dan tanggapan dalam menciptakan kondisi/situasi yang meningkatkan resiko terjadinya kecelakaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Hamid (2008) mengidentifikasi penyebab kecelakaan pada industri konstruksi di Malaysia. Penelitian tersebut dimulai dengan meninjau literatur dari jurnal-jurnal dan survei menggunakan bentuk kuisioner. Peneliti mengungkapkan bahwa banyak faktor penyebab dan sub penyebab yang berkontribusi terjadinya kecelakaan. Beberapa faktor penting tersebut yaitu metode yang tidak aman, unsur manusia, peralatan yang tidak aman, kondisi tempat kerja dan manajemen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kecelakaan konstruksi adalah kelalaian pekerja, kegagalan pekerja dalam mematuhi prosedur kerja, bekerja pada elevasi tinggi, pengoperasian peralatan tanpa alat pengaman, rendahnya tingkat pengetahuan pekerja, kegagalan dalam menggunakan alat pelindung diri, dan kurangnya sikap/pengetahuan mengenai keselamatan.

Zhang (2016) dalam penelitian pada industri tambang batu bara menunjukkan kecelakaan kerja disebabkan oleh kondisi tidak aman dan perilaku tidak aman adalah faktor penyumbang lain terjadinya kecelakaan. Faktor-faktor yang berkontribusi dalam kecelakaan diklasifikasikan dalam beberapa kategori yaitu perilaku tidak aman dari operator, kondisi peralatan yang tidak aman, kondisi lingkungan yang tidak aman, dan kondisi peraturan yang tidak aman. Metode yang digunakan yaitu *structural equation modelling* (SEM). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Analisa hasil mengarah pada tiga kesimpulan yaitu kondisi tidak aman dari peraturan mempengaruhi perilaku tidak aman dari operator dan kondisi tidak aman peralatan serta lingkungan, kurangnya pelatihan dan pendidikan keselamatan, peraturan dan tanggung jawab keselamatan produksi, peraturan dari pengawasan dan pemeriksaan, kondisi tempat-tempat yang berbahaya, lingkungan kerja yang buruk, dan kesalahan operator

Menurut Khosravi (2014) industri konstruksi adalah pekerjaan yang berbahaya karena kegiatannya yang bersifat unik. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengeksplorasi faktor empiris yang mempengaruhi perilaku tidak aman dan menyebabkan kecelakaan pada lokasi konstruksi. Penelitian menggunakan kajian literatur dengan kategori berdasarkan metode pengumpulan data, analisa variabel, dan hasil penelitian. Penelitian menghasilkan delapan kategori utama yang

mempengaruhi perilaku tidak aman dan terjadinya kecelakaan yaitu sosial, manajemen proyek, kontraktor, *supervision*, *work group*, kondisi lokasi kerja, dan faktor individu. Pada faktor kondisi site meliputi operasi yang membahayakan, kondisi tidak aman, cuaca, tahap konstruksi, dan peralatan. Sedangkan pada faktor individu yaitu sikap dan persepsi, umur dan pengalaman kerja, penggunaan obat-obatan, serta kompetisi dan kemampuan.

Wang (2016) menyatakan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap kecelakaan kerja seperti kondisi fisik pekerja (faktor yang mempengaruhi pekerja untuk bertahan dalam menghadapi tekanan, kemampuan dan kualitas pekerja menghadapi bahaya kerja), emosi (pekerja dalam kondisi bahagia/tidak. Bekerja dalam kondisi marah/sedih dapat mengakibatkan pengambilan keputusan yang irrasional), kemampuan justifikasi (kemampuan pekerja dalam menganalisa dan menilai masalah sesuai dengan pengetahuan dan pengalaman masing-masing), pengetahuan (tingkat pengetahuan pekerja dan pengaruhnya ketika dihadapkan pada permasalahan proyek yang kompleks), pengalaman kerja (pengalaman kerja yang banyak membuat pekerja terbiasa dihadapkan pada masalah-masalah kecelakaan dan memungkinkan pekerja mengurangi perilaku tidak aman), dan cuaca (suhu tinggi dan kecepatan angin yang kencang dapat mempengaruhi pekerja dalam menghadapi bahaya), kebisingan (suara keras dari pengoperasian mesin dapat membuat pekerja merasa gelisah), beban kerja (beban pekerjaan yang terlalu banyak akan membuat pekerja jenuh dan bosan dan menyelesaikan pekerjaan secepat mungkin sehingga tingkat perilaku tidak aman meningkat), ketersediaan peralatan perlindungan keselamatan, pelatihan yang efektif dan komprehensif membuat pekerja menyadari keseriusan dan konsekuensi dari kecelakaan, pengawasan dari supervisor dapat menurunkan keinginan pekerja berperilaku tidak aman, peraturan K3 yang jelas dan spesifik akan membantu pekerja menyadari hukuman akibat melanggar peraturan K3, perilaku rekan kerja akan memberikan acuan terhadap pekerja yang sebaya melakukan hal yang sama, usia pekerja dengan lebih tua kurang mempunyai kemauan berperilaku tidak aman, latar belakang pendidikan tinggi cenderung lebih rasional dan hati-hati. Penelitian tersebut menggunakan model *structural equation modelling* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efek faktor eksternal lebih besar daripada faktor internal.

Menurut Chi (2013) tindakan tidak aman dari pekerja menjadi akar penyebab utama kecelakaan kerja ketika dikombinasikan dengan kondisi tidak aman (misalnya kondisi permukaan kerja dan cuaca). Tujuan penelitian untuk mengeksplorasi tindakan pencegahan tindakan tidak aman dari pekerja dan mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan. Penelitian dilakukan dengan analisa statistik dari kejadian-kejadian kecelakaan selama kurun waktu 3 tahun. Faktor-faktor yang dianalisa meliputi cuaca, kondisi lantai kerja, tingkat kebisingan, suhu, tekanan angin, peralatan kerja, perangkat peralatan yang dibutuhkan. Hasil penelitian menunjukkan tujuhbelas korelasi yang signifikan antara faktor perilaku, faktor kondisi, dan faktor risiko yang menyebabkan jenis kecelakaan dan tingkat keparahan cedera.

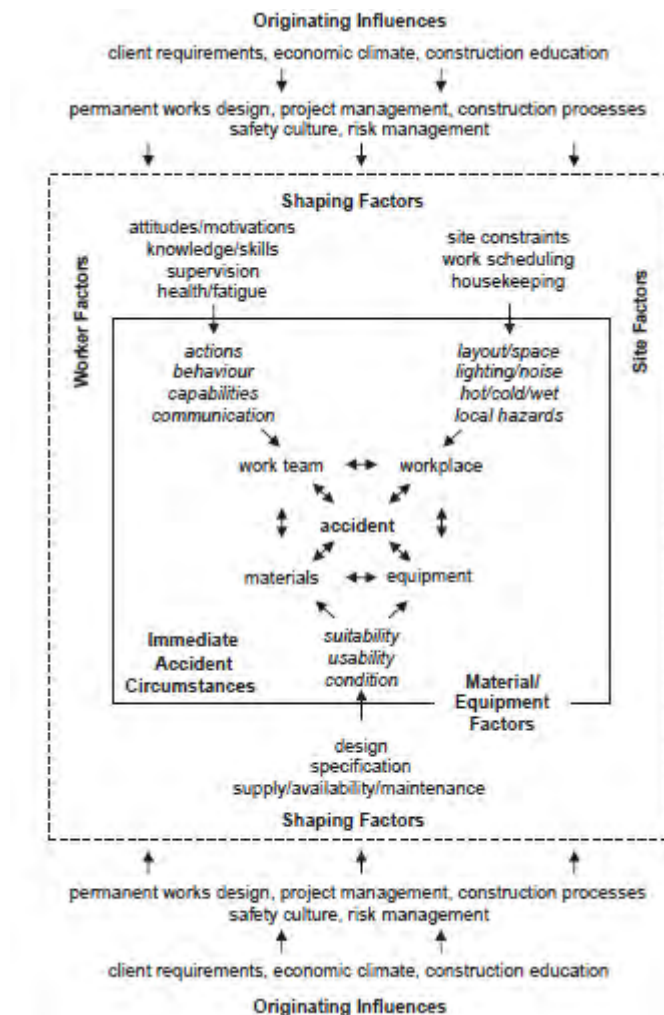
Maryani (2015) mengatakan sebuah proyek konstruksi rawan akan kecelakaan kerja karena karakteristik yang berbahaya dan perubahan tak terduga. Kecelakaan kerja disebabkan oleh beberapa hal seperti pihak yang terlibat pada proyek konstruksi, manajemen pekerja, lingkungan kerja dan stress kerja yang erat kaitannya dengan target biaya, kualitas, dan waktu. Terjadinya kecelakaan kerja berdampak terhadap biaya kesehatan dan keselamatan kerja sehingga sangat penting mengetahui hubungan antar variabel. Dari kajian literatur dan wawancara diperoleh faktor-faktor yang meliputi karakteristik pekerja (seperti umur, tingkat pendidikan, pengalaman kerja), lingkungan kerja, manajemen keselamatan, sistem proteksi keselamatan, tingkat kecelakaan kerja (seperti jumlah kejadian kecelakaan, tingkat keparahan kecelakaan, dan jenis kecelakaan), dan kinerja proyek konstruksi. Dengan metode simulasi sistem dinamik menunjukkan variabel disiplin kerja dan resiko kerja memiliki pengaruh tinggi terhadap kecelakaan kerja.

Menurut Shin (2014), kecelakaan kerja pada proyek konstruksi disebabkan oleh tindakan tidak aman (perilaku atau kegiatan yang menyimpang dari prosedur yang aman/normal) dan kondisi tidak aman (bahaya /lingkungan fisik dan mekanik yang tidak aman). Upaya penelitian dengan mengurangi *unsafe condition* misalnya alat-alat yang rusak dan penyimpanan peralatan yang tidak tepat membuat konstruksi masing dianggap sebagai salah satu tempat kerja yang paling berbahaya di dunia. Industri konstruksi harus lebih memperhatikan dan berfokus menghilangkan tindakan tidak aman yang berpengaruh menyebabkan terjadinya

kecelakaan kerja. Untuk mendukung efektivitas, maka penerapan model dikembangkan untuk menyelidiki insiden dan perilaku yang menyebabkan kecelakaan. Adapun faktor-faktor berpengaruh terhadap perilaku tidak aman meliputi sikap pekerja, pengalaman kerja, tingkat pengetahuan. Kondisi peralatan yang tidak aman, debu, suhu yang tinggi, kelembaban, ventilasi, pencahayaan, kebisingan, dan faktor geologi menyebabkan kondisi tidak aman yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja.

Dalam penelitian yang dilakukan Jiang (2015) menyatakan perilaku tidak aman pekerja konstruksi sering menjadi penyebab langsung dari kecelakaan konstruksi, tetapi penyebab yang mendasari perilaku tersebut tidak dipahami dengan baik. Penelitian ini menganggap manajemen keselamatan konstruksi sebagai suatu sistem, dan berusaha untuk menggunakan sistem dinamik untuk menunjukkan bagaimana sistem mempengaruhi pekerja konstruksi dalam hal perilaku yang tidak aman. Penyebab kecelakaan kerja teridentifikasi seperti karakteristik individu (*safety awareness*, tingkat pengetahuan, sikap, norma subyektif, persepsi dalam control perilaku, kondisi fisik pekerja), lingkungan, dan manajemen.

Penelitian yang dilakukan oleh Haslam (2005) mengidentifikasi penyebab dari 100 kejadian kecelakaan di negara Inggris. Dengan wawancara *focus group* teridentifikasi yaitu faktor-faktor pekerja dan tim kerja, kondisi lingkungan, material, peralatan, dan pengaruh organisasi. Dalam kategori pekerja dan tim kerja dipengaruhi oleh faktor sikap/tindakan pekerja, pengetahuan/keterampilan, komunikasi, kondisi fisik/kesehatan. Untuk kategori kondisi lingkungan kerja meliputi pencahayaan, kebisingan, suhu, tata letak, dan cuaca. Pada gambar 2.6 menjelaskan bagaimana kecelakaan timbul dari interaksi antara tim kerja, tempat kerja, peralatan dan bahan.



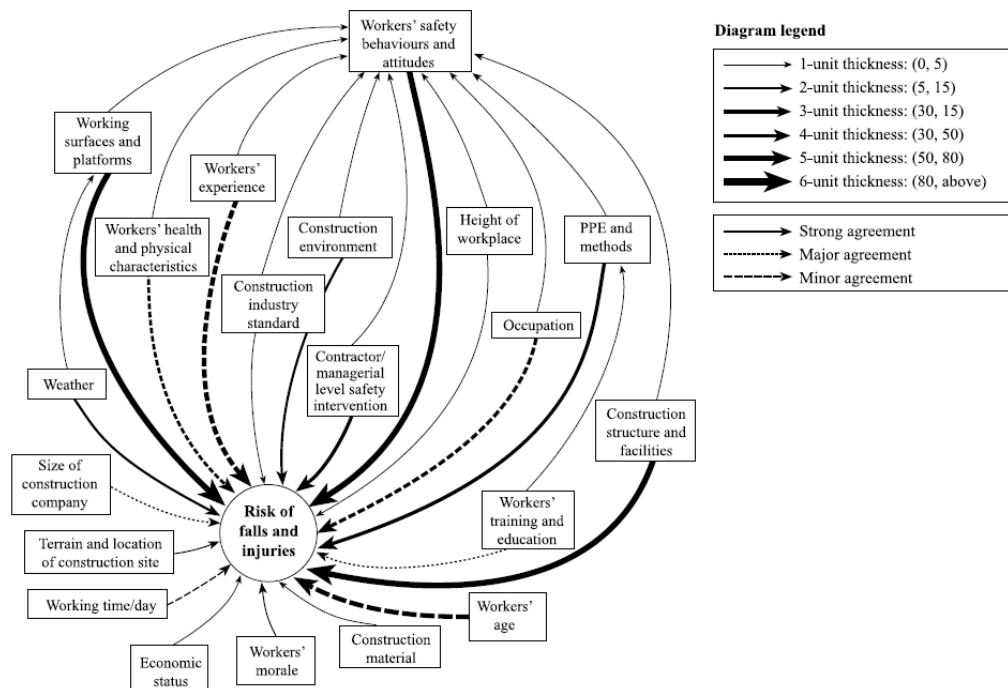
Gambar 2.6 *Hierarchy of causal influences in construction accidents* (Haslam, 2005)

Menurut Jitwasinkul (2016) faktor organisasi dan faktor manusia sangat erat kaitannya satu sama lain. Oleh karena itu, pengembangan implikasi untuk meningkatkan perilaku aman sangat sulit terkait dengan kompleksitas hubungan kausal beberapa faktor. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi implikasi tertentu untuk meningkatkan perilaku yang diinginkan atau mengurangi perilaku yang tidak menguntungkan. Teknik analisa yang dipergunakan menggunakan *bayesian belief networks* dengan tujuan untuk mengidentifikasi kontribusi yang relevan dengan menganalisa variasi dalam output jaringan. Berdasarkan metode bayesian, peningkatan perilaku kerja yang aman dapat diperoleh dengan komitmen manajemen. Dengan demikian, semakin banyak mengakui bahwa manajemen harus menunjukkan komitmen substantif dan terlihat

mengenai keselamatan kerja. Selain itu, manajer di semua tingkatan harus memainkan peran penting dalam membangun suasana yang mendukung dan partisipatif untuk mendorong bawahan untuk bekerja dengan cara yang lebih aman.

Penelitian yang dilakukan oleh Nguyen (2016) yang berfokus pada penilaian kuantitatif terhadap risiko kecelakaan selama bekerja di ketinggian pada proyek konstruksi. Data yang digunakan dalam membangun model didasarkan pada perbandingan yang ketat dan evaluasi dari temuan meta analisis faktor-faktor yang berkontribusi pada resiko jatuh dari ketinggian serta serangkaian workshop dari pemangku kepentingan. Penelitian tersebut menggunakan *bayesian networks* untuk mengembangkan pendekatan prognostik dalam mengukur risiko bekerja pada ketinggian. Variabel-variabel yang mempengaruhi kecelakaan kerja jatuh dari ketinggian yaitu empat faktor eksternal (*external factors*), tujuh faktor kebijakan (*policy factors*), duabelas faktor organisasi (*organizational factors*), dan tiga belas faktor langsung (*direct factors*). Penelitian lebih lanjut diperlukan dengan mempertimbangkan tipe dan ukuran proyek yang berbeda bertujuan untuk mengidentifikasi efektivitas penggunaan *bayesian belief networks* untuk memprediksi dan mengurangi risiko kecelakaan selama bekerja di ketinggian.

Hu, dkk (2011) melakukan meta analisis dari 121 studi dari 536 artikel yang terkait dengan faktor yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja jatuh dari ketinggian. Melalui *coding* sistematis dan analisa pola yang lengkap, peneliti menemukan tiga belas faktor yang sangat mempengaruhi kecelakaan kerja akibat jatuh dari ketinggian seperti terlihat pada gambar 2.7 yaitu permukaan kerja, sikap dan perilaku aman dari pekerja, fasilitas dan struktur konstruksi, intervensi keselamatan tingkat manajerial, PPE dan metode keselamatan, kondisi fisik pekerja, lingkungan konstruksi, cuaca, moral pekerja, standar industri konstruksi, bahan konstruksi, dan status ekonomi. Peneliti menyimpulkan data yang dikumpulkan dari ulasan ini bisa berfungsi sebagai masukan untuk model simulasi kejadian kecelakaan kerja sehingga memberikan umpan balik kepada para pemangku kepentingan untuk membantu pecegahan cedera dan perencanaan keselamatan kerja yang efisien.



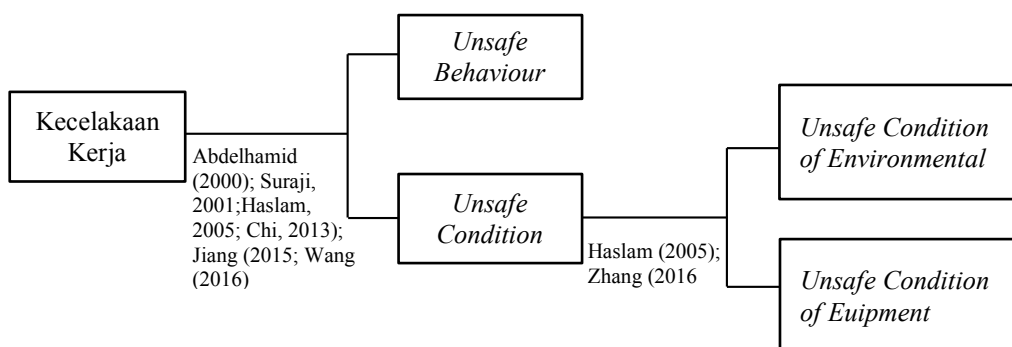
Gambar 2.7 Causal relationships of macro-variables supported by qualitative and quantitative studies (Hu, dkk. 2011)

Penelitian oleh Mohammadfam (2017) menjelaskan bahwa perilaku yang tidak aman meningkatkan risiko kecelakaan di tempat kerja dan perlu dikelola dengan tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyediakan model dalam mengelola dan meningkatkan perilaku keselamatan karyawan menggunakan pendekatan *bayesian belief network*. Penelitian dilakukan dalam beberapa proyek pembangunan pembangkit listrik di Iran. Data yang dikumpulkan dengan menggunakan kuesioner yang terdiri dari sembilan faktor, termasuk komitmen manajemen, lingkungan, sistem manajemen keselamatan, partisipasi karyawan, pengetahuan keselamatan, sikap, motivasi, alokasi sumber daya, dan tekanan pekerjaan. Dalam rangka untuk mengukur skor setiap faktor ditugaskan oleh responden, satu model pengukuran dibangun untuk masing-masing. Model *bayesian* dibangun menggunakan pendapat para ahli. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas karyawan cenderung tidak mempertimbangkan aturan keselamatan, peraturan, prosedur dan norma-norma dalam perilaku mereka di tempat kerja. Sikap keselamatan, pengetahuan keselamatan, dan lingkungan yang mendukung adalah prediktor terbaik dari perilaku keselamatan. Selain itu,

ditetapkan bahwa peningkatan sesaat dari lingkungan yang mendukung dan partisipasi karyawan adalah strategi terbaik untuk mencapai proporsi yang tinggi dari perilaku keselamatan di tempat kerja. Kurangnya model yang komprehensif untuk menjelaskan perilaku keselamatan adalah salah satu masalah yang paling bermasalah penelitian.

### 2.3.1 Identifikasi Variabel Penelitian

Pada penelitian ini *unsafe factors* yang ditinjau meliputi *unsafe behaviour* dan *unsafe condition*. Untuk *unsafe condition* terdiri dari *unsafe condition of environment* dan *unsafe condition of equipment* seperti yang dipaparkan dalam gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Tinjauan *Unsafe Factors* Penyebab Kecelakaan Kerja (Hasil Studi Literatur, 2017)

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu maka diperoleh identifikasi variabel-variabel *unsafe behavior*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* yang mempengaruhi probabilitas terjadinya tingkat kecelakaan kerja pada proyek konstruksi sebagaimana tercantum pada tabel 2.1, tabel 2.2, dan tabel 2.3. Variabel –variabel tersebut ditentukan berdasarkan sifat dan karakteristik yang berbeda.

Tabel 2.1 Identifikasi Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor Perilaku Tidak Aman (*Unsafe Behaviour*)

No.	Variabel	Sumber
1.	<i>Safety Awarness</i> Tingkat Pendidikan ( <i>Level of education</i> ), Masa Kerja ( <i>Length of work</i> ), Usia ( <i>Age</i> ), Penghargaan ( <i>Reward</i> ),	Silva (2012)



No.	Variabel	Sumber
	Hukuman ( <i>Punishment</i> ), Disiplin Kerja ( <i>Work discipline</i> ) Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Regulasi Penggunaan Alkohol dan Obat-obatan Budaya Keselamatan ( <i>Safety culture</i> ) Keterampilan Pekerja ( <i>Worker's skill</i> ) Manajemen dan supervisi	Silva (2012)
2.	Kebiasaan ( <i>Habituatation</i> ) Sikap Penghargaan ( <i>Reward</i> ) Hukuman ( <i>Punishment</i> ) Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Peraturan Manajemen dan supervisi	Shin (2014)
3.	Motivasi Tingkat Pengetahuan Pelatihan <i>Safety Awarness</i> Beban kerja yang berlebihan ( <i>Workload</i> ) Tekanan waktu ( <i>Time Pressure</i> )	Seo (2005)
4.	Usia Masa Kerja Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Peraturan Manajemen dan Supervisi	Wong (2009)
5.	Pengetahuan ( <i>Knowledge</i> ) Pelatihan dan Pendidikan Keselamatan <i>Safety Awarness</i> Mengabaikan tanda peringatan Disiplin Kerja Tidak patuh pada instruksi Ceroboh Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Manajemen dan Supervisi	Zhang (2016)
6.	<i>Safety Awarness</i> Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Kelalaian dan kelelahan Kecanduan Alkohol dan Obat-obatan Pengalaman Kondisi Fisik Emosi diri Sikap Pengetahuan Peraturan	Hamid (2008)
7.	Jenis Kelamin ( <i>Gender</i> ) Usia dan Pendidikan Pendidikan	Ling (2009)
8.	Kemampuan Pekerja (pengetahuan dan keterampilan) Kesehatan pekerja/Kelelahan	Haslam (2005)

No.	Variabel	Sumber
9.	Kondisi Fisik Emosi Pengetahuan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pengalaman Kerja Beban Kerja Pelatihan ( <i>Safety training</i> ) Usia Latar belakang pendidikan Peraturan Budaya Keselamatan ( <i>Safety culture</i> ) Manajemen dan Supervisi	Wang (2016)
10	Pengetahuan <i>Skill</i> Motivasi	Fang (2013)
11.	Alkohol dan Obat-obatan Tekanan Waktu ( <i>Time Pressure</i> ) Pelatihan Pengalaman Kerja Persepsi Resiko Budaya Keselamatan Penggunaan Alkohol dan Obat-obatan Budaya Keselamatan ( <i>Safety culture</i> )	Oswald (2013)
12.	Motivasi Sikap	Khosravi (2014)
13.	<i>Safety Awareness</i> Pengetahuan mengenai keselamatan Sikap Kondisi Fisik	Jiang (2015)
14.	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Keterampilan Pekerja ( <i>Worker's skill</i> ) Manajemen dan supervisi Peraturan	Jitwasinkul (2016)
15.	Usia Jenis Kelamin Pendidikan Pengalaman Kerja Sikap Persepsi	Elnaga (2012)
16.	<i>Safety Awareness</i> Usia pekerja ( <i>worker's age</i> ) Pengalaman ( <i>worker's experience</i> ) Pelatihan dan pendidikan ( <i>worker's training and education</i> ) Moral pekerja ( <i>worker's morale</i> ) Kondisi fisik dan kesehatan pekerja ( <i>worker's health and physical characteristics</i> ) Sikap pekerja ( <i>worker's attitudes</i> ) Status ekonomi ( <i>economic status</i> ) dan Budaya keselamatan	Hu, dkk (2011)
17.	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> ) Peraturan Manajemen dan Supervisi	Suraji (2001)

No.	Variabel	Sumber
18.	Melakukan pekerjaan tanpa wewenang, Bekerja dengan kecepatan berbahaya Membuat alat pengaman tidak berfungsi Memakai peralatan yang tidak aman, tanpa peralatan Mengambil posisi atau sikap tubuh tidak aman (ergonomi) Bekerja pada objek yang berputar atau berbahaya Mengalihkan perhatian, mengganggu, sembrono/dakar Melalaikan penggunaan alat pelindung diri yang ditentukan	Undang-undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja No. 1 Tahun 1970
19.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> ) Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> ) Manajemen dan Supervisi	Mohammadfam (2017)
20.	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> ) Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awarness</i> ) Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's physical and mental condition</i> ) Pelatihan ( <i>Training</i> ) Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> ) Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> ) Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> ) Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )	Nguyen (2016)
21.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> ) Manajemen dan Supervisi	Abdelhamid (2000)
22.	Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Manajemen dan Supervisi Budaya Keselamatan ( <i>Safety culture</i> )	Maryani (2015)

Sumber : Hasil Studi Literatur (2017)

Tabel 2.2 Identifikasi Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor Lingkungan Tidak Aman (*Unsafe Environment*)

No.	Variabel	Sumber
1.	Bahaya fisik dan mekanis (kebisingan, getaran, panas, radiasi, berbagai gas beracun), Bahaya kimia (debu, asap,uap, asbes, semen) Gangguan peralatan yang non ergonomis dan <i>degenerative</i> Bahaya biologis (nyamuk demam berdarah dan malaria) Kecanduan alcohol, obat-obatan dan merokok	Silva (2012)
2.	Kondisi Pekerjaan ( <i>Working condition</i> ), Tipe Pekerjaan ( <i>Types of work</i> ), Jumlah Pekerja ( <i>Number of workers</i> ),	Maryani (2012)
3.	Bahaya fisik (suhu, kelembaban, debu,kebisingan, permukaan licin, pencahayaan)	Seo (2005)
4.	Bahaya Fisik (cuaca, iklim, debu) Bahaya Teknis (desain tempat kerja)	Wong (2016)
5.	Permukaan berlumpur Kebisingan yang berlebihan Pencahayaan yang buruk Kurang ventilasi Wilayah kerja terbatas Elevasi tinggi	Hamid (2008)

No.	Variabel	Sumber
6.	Cuaca Tata letak ruang kerja ( <i>Site layout/space</i> ) Pencahayaannya, kebisingan, suhu	Haslam (2005)
7.	Cuaca Kebisingan	Wang (2016)
8.	Kondisi fisik lingkungan (kebisingan, cuaca, getaran) Kondisi psikis (wilayah kerja yang terbatas)	Khosravi (2014)
9.	Permukaan kerja ( <i>working surfaces and platforms</i> ) Fasilitas dan struktur konstruksi Intervensi keselamatan managerial/kontraktor Cuaca Ukuran perusahaan konstruksi Waktu/hari kerja Standar industri konstruksi Lokasi proyek Material konstruksi	Hu, dkk(2011)
10.	Pengamanan yang tidak sempurna Peralatan/bahan yang tidak seharusnya Kecelakaan, ketidaksempurnaan Pengaturan prosedur yang tidak aman Penerangan tidak sempurna Ventilasi tidak sempurna Iklim kerja yang tidak aman Tekanan udara yang tidak aman Getaran yang berbahaya Bising Pakaian, kelengkapan yang tidak aman Kejadian berbahaya lainnya	Undang-undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja No. 1 Tahun 1970
11.	Kebisingan , suhu, cuaca, pencahayaan	Chi (2013)

Sumber : Hasil Studi Literatur (2017)

Tabel 2.3 Identifikasi Variabel Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor Peralatan Kerja Tidak Aman (*Unsafe Equipment*)

No.	Variabel	Sumber
1.	Posisi Alat (Tempat yang tepat untuk alat)	Seo (2005)
2.	Desain dan Teknologi yang cacat Tidak ada alat pengaman ( <i>no safety device</i> ) Tidak memenuhi persyaratan dan standar keselamatan Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Zhang (2016)
3.	Tanpa alat pengaman Peralatan gagal Tidak ergonomis Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Hamid (2008)
4.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Khosravi (2014)

No.	Variabel	Sumber
5.	Kesesuaian Peralatan ( <i>Suitability of equipment</i> ) Kondisi Peralatan ( <i>Condition of equipment</i> )	Haslam (2005)
6.	Standar Prosedur pengoperasian	Fang (2013)
7.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> ) Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	Nguyen (2016)
8.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Wang (2016)
9.	Metode dan alat pelindung diri Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Hu, dkk(2011)
10.	Peralatan keselamatan Peralatan operasional	Chi (2013)

Sumber : Hasil Studi Literatur (2017)

Pengelompokan tersebut berdasarkan hasil peringkat faktor yang disajikan pada lampiran 2. Tabel 2.4 memperlihatkan pengelompokan variabel dan sub variabel yang diperoleh dari hasil tinjauan penelitian terdahulu dengan mengkategorikan berdasarkan *macro variable* dan pengaruh yang sangat kuat terhadap terjadinya kecelakaan kerja.

Tabel 2.4 Variabel Penelitian Penyebab Kecelakaan Kerja Berdasarkan Faktor *Unsafe Behaviour*, *Unsafe Environment*, dan *Unsafe Equipment*

Faktor	Definisi Operasional
<b><i>Unsafe Behaviour (Perilaku Tidak Aman)</i></b>	
Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )	Keterampilan, pengalaman, dan kemampuan pekerja yang dibutuhkan dalam melakukan tugas tertentu dengan aman dan sesuai tujuan yang diharapkan
Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awarness</i> )	Kesadaran pekerja akan bahaya dan risiko kecelakaan kerja
Kondisi Fisik dan Mental Pekerja ( <i>Worker's physical and mental condition</i> )	Kondisi fisik dan mental pekerja ketika bekerja
Pelatihan ( <i>Training</i> )	Upaya peningkatan keterampilan dan kemampuan tenaga kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan dari pekerjaan para pekerja
Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	Sistem pengelolaan dan pengawasan yang menjamin keselamatan pekerja dan sumber daya lainnya
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Nilai-nilai, keyakinan, norma, asumsi, pengalaman, tradisi, prinsip-prinsip bisnis, dan operasional perusahaan yang mampu mempengaruhi perilaku pekerja

Faktor	Definisi Operasional
<b><i>Unsafe Behaviour (Perilaku Tidak Aman)</i></b>	
Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Sistem manajemen yang meliputi kebijakan keselamatan kerja, definisi peran dan tanggung jawab untuk keselamatan, pelaksanaan langkah-langkah untuk meningkatkan keselamatan dan evaluasi kinerja keselamatan.
Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )	Kerangka peraturan, standar, dan pedoman yang mengatur industri, profil, dan pelaksanaannya
<b><i>Unsafe Equipment (Peralatan Kerja Tidak Aman)</i></b>	
Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	Peralatan keselamatan dan APD sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan
Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Ketersediaan peralatan kerja yang sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan
Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	Perencanaan, pendefinisian, dan penugasan sumber daya yang tepat sesuai dengan rencana aktivitas
Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	Proses desain yang memastikan <i>constructability</i> , <i>operability</i> , dan <i>safety</i> pada tahap perencanaan dan pelaksanaan dengan melibatkan perencana dan kontraktor
<b><i>Unsafe Environment (Lingkungan Tidak Aman)</i></b>	
Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )	Pengaruh faktor internal (seperti kebisingan, getaran, dan tekanan) dan faktor eksternal (cuaca, kelembaban) terhadap aktivitas/kegiatan proyek konstruksi

Sumber : Hasil Olahan Peneliti (2017)

### 2.3.1 Hubungan Antar Variabel Penelitian

Pada sub bab berikut, peneliti akan mengkaji tentang korelasi dan hubungan faktor-faktor penyebab kecelakaan kerja.

#### a. Persyaratan peraturan (*Regulatory requirements*)

Persyaratan peraturan memberikan pedoman dan kerangka dalam mengatur kebijakan dan tindakan yang efektif. Peraturan (*regulatory*) dapat membantu proses desain dan berpengaruh secara tidak langsung pada budaya perusahaan (*corporate culture*). Pengaruh tidak langsung tersebut berhubungan dengan dorongan perusahaan yang mendorong untuk menjamin keselamatan dalam desain meliputi penempatan tanggung jawab yang lebih pada pemimpin dan pengawas perencanaan, memberikan informasi secara *on-line* untuk desainer pada isu-isu keselamatan dan kesehatan kerja, membantu memberikan informasi dan

saran kepada klien dan desainer (Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016)).

**b. Desain keselamatan (*Design for safety*)**

Desain keselamatan pada struktur bertujuan untuk menjamin *buildability*, *operability*, dan *safety* selama fase konstruksi dan pemeliharaan. Desainer harus menunjukkan bahwa mereka telah mempertimbangkan masalah keselamatan dengan mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, dan menghilangkan bahaya pada tahap desain. Desainer yang sensitif terhadap konsekuensi keselamatan akan pilihan desain mereka akan mempengaruhi peningkatan secara intrinsik keselamatan kerja. Desainer membutuhkan lebih banyak informasi tentang bagaimana struktur yang dibangun. Desain harus menciptakan kemudahan dalam keselamatan kerja sehingga kegiatan perencanaan awal dapat ditingkatkan. Desainer yang berbeda memiliki konsep yang berbeda dari bagaimana hal-hal yang harus dibangun dan yang sedang dibangun sementara desain rinci dari struktur berlangsung sehingga membatasi ruang lingkup desain (Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016); Zhang (2016)).

**c. Budaya perusahaan (*Corporate culture*)**

Budaya perusahaan meliputi pengaruh budaya perusahaan yang memberikan prioritas akan pentingnya keselamatan kerja. Informasi mengenai isu-isu keselamatan secara aktif disebarkan dan secara terbuka melalui pelatihan dengan menyediakan beberapa jenis pelatihan formal untuk desainer tentang menggabungkan kesehatan dan keselamatan ke dalam desain. Bagian dari pelatihan yang mungkin disesuaikan untuk klien dalam rangka meningkatkan pengetahuan mereka pada subjek. Pelatihan dapat mencakup penilaian risiko desain dan bagaimana kasus keselamatan telah diperhitungkan. Melalui pelatihan akan membantu menyebarkan pengetahuan kepada rekan-rekan (Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016)).

**d. Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and health management*)**

Dengan manajemen keselamatan dan kesehatan kerja akan memberikan peran dan tanggung jawab yang jelas khususnya terkait dengan keselamatan, sehingga memiliki tujuan yang jelas mengenai cara pengoperasian yang harus

dilakukan. Prosedur manajemen bertujuan untuk memantau/mengevaluasi kinerja keselamatan (Bomel,dkk (2003); Oswald (2013); Nguyen, dkk (2016)).

**e. Perencanaan awal (*Preplanning*)**

Perencanaan awal penting dilaksanakan agar penilaian resiko menjadi bagian integral dari perencanaan kerja. Dengan perencanaan awal yang efektif maka mendorong jadwal/*schedule* kegiatan konstruksi untuk memperhatikan metode kerja yang aman dan mengurangi risiko cedera ((Bomel,dkk (2003); Nguyen, dkk (2016)).

**f. Manajemen/Supervisi (*Management and supervision*)**

Manajemen dan supervisi yang proaktif dapat mengendalikan risiko. Perubahan budaya perusahaan akan cenderung langsung meningkatkan manajemen dan pengawasan keselamatan dalam hal antara lain adanya manajer/supervisor dalam hal keselamatan, dukungan lebih diberikan kepada manajer dalam hal keputusan yang berkaitan dengan keselamatan, dan mempekerjakan manajer/supervisor yang memiliki pengalaman kerja (Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016)).

**g. Pelatihan (*Training*)**

Ketersediaan pelatihan personil diperlukan untuk memastikan bahwa kompetensi pekerja terus terjamin. Pelatihan mempengaruhi pengetahuan pekerja mengenai operasional peralatan kerja dan perilaku keselamatan. Pelatihan yang tidak kompeten akan menyebabkan kurangnya pemahaman tentang tanggung jawab mereka saat bekerja (Bomel, dkk (2003); Seo (2005); Hu, dkk (2011); Oswald (2013); Zhang, (2016); Wang (2016); Nguyen, dkk (2016)).

**h. Peralatan kerja (*Operational equipment*)**

Perencanaan (*preplanning*) dan peran manajemen penting dalam menjamin kualitas yang konsisten dan kehandalan yang kondusif dari peralatan kerja. Tindakan inspeksi dan pemeliharaan dari peralatan kerja yang tidak memenuhi standar menyebabkan kurang terjaminnya keamanan dari peralatan kerja yang digunakan (Bomel, dkk (2003); Hamid (2008); Nguyen (2016)).

**i. Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri (*Safety equipment and PPE*)**

Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri yang berkualitas memiliki kegunaan dalam memberikan perlindungan maksimal kepada para pekerja.



Tindakan inspeksi dan pemeliharaan dilakukan dan sesuai dengan standar menjadikan peralatan handal dan memiliki kualitas yang konsisten (Zhang (2016); Nguyen, (2016)).

**j. Kondisi fisik dan mental pekerja (*Worker's physical and mental condition*)**

Tidak adanya kebijaksanaan yang mengatur bagaimana pekerjaan akan dilakukan serta kontrol terhadap keselamatan kerja sehingga menimbulkan pandangan yang pesimis dan negatif mengenai pekerjaan maupun motivasi terhadap isu-isu keselamatan dan kesehatan kerja. Kondisi kesehatan fisik dan mental pekerja yang terdegradasi dipengaruhi oleh kurang tidur, aktivitas mental yang berlebihan, dan efek dari alkohol/obat-obatan. Pekerja yang mengantuk dan lelah memiliki penilaian yang buruk terhadap bahaya dan risiko yang ada. (Bomel, dkk (2003); Hamid (2008); Hu, dkk (2011); Jiang (2015); Wang (2016); Nguyen, dkk (2016)).

**k. Kesadaran keselamatan (*Safety awarness*)**

Sejauh mana pekerja mempunyai kesadaran akan bahaya dan risiko terkait dengan pekerjaan yang dilakukan. Kurangnya kesadaran akan bahaya dan mengabaikan risiko memberikan kondisi membahayakan bagi pekerja yang menyebabkan perilaku tidak aman (Seo (2005); Hamid (2008); Silva (2012); Jiang (2015); Nguyen, dkk (2016)).

**l. Keterampilan pekerja (*Worker's skills*)**

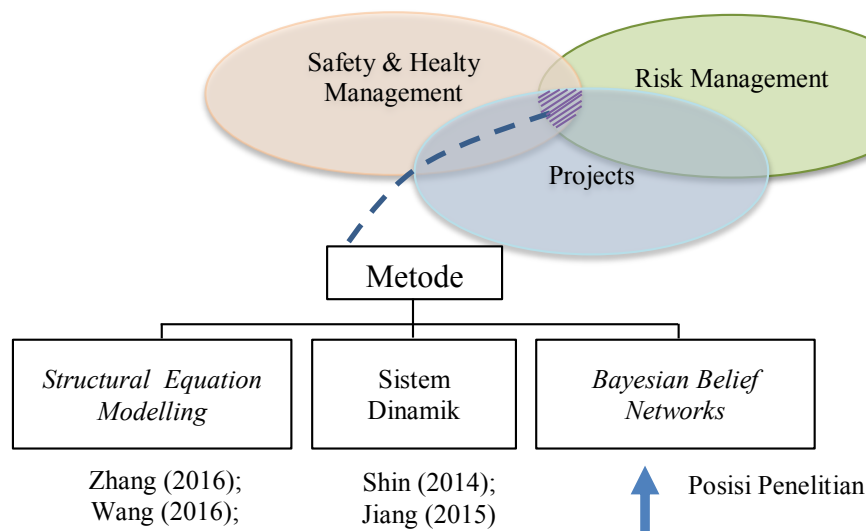
Keterampilan, pengetahuan, dan kemampuan yang dibutuhkan untuk melakukan tugas-tugas tertentu dengan aman. Kurangnya keterampilan dan pengetahuan mengenai pengoperasian peralatan kerja akan mengurangi pemahaman akan tanggung jawab pekerja saat bekerja (Fang (2013); Nguyen, 2016)).

**m. Kondisi lingkungan (*Environmental condition*)**

Kondisi lingkungan dan faktor meteorologi yang kurang mendukung seperti waktu malam hari, angin kencang, kabut, hujan lebat, kondisi berlumpur, suhu, dan kebisingan mempengaruhi keselamatan aktivitas/kegiatan konstruksi (Silva (2012); Seo (2005); Wong (2016); Hamid (2008); Haslam (2005); Khosravi (2014); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016)).

## 2.4 Posisi Penelitian

Jika dikaji dari penelitian terdahulu, penelitian ini memiliki beberapa perbedaan dengan penelitian sebelumnya yang seperti disajikan dalam gambar 2.9, yaitu 1) Metode yang digunakan untuk penelitian ini merupakan *Bayesian Belief Network*, dimana peneliti sebelumnya menggunakan metode lain seperti *Structural Equation Modelling* dan Sistem Dinamik 2) Memperhitungkan besarnya pengaruh hubungan antara faktor-faktor *unsafe behavior*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* terhadap probabilitas terjadinya kecelakaan kerja, dimana penelitian terdahulu belum memperhitungkan hubungan antara faktor-faktor tersebut, 3) Penelitian ini menggunakan variabel yang lebih komprehensif serta memfokuskan pada variabel yang berpengaruh langsung pada *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* sementara pada penelitian sebelumnya variabel yang digunakan masih parsial.



Gambar 2.9 Posisi Penelitian

## **BAB III**

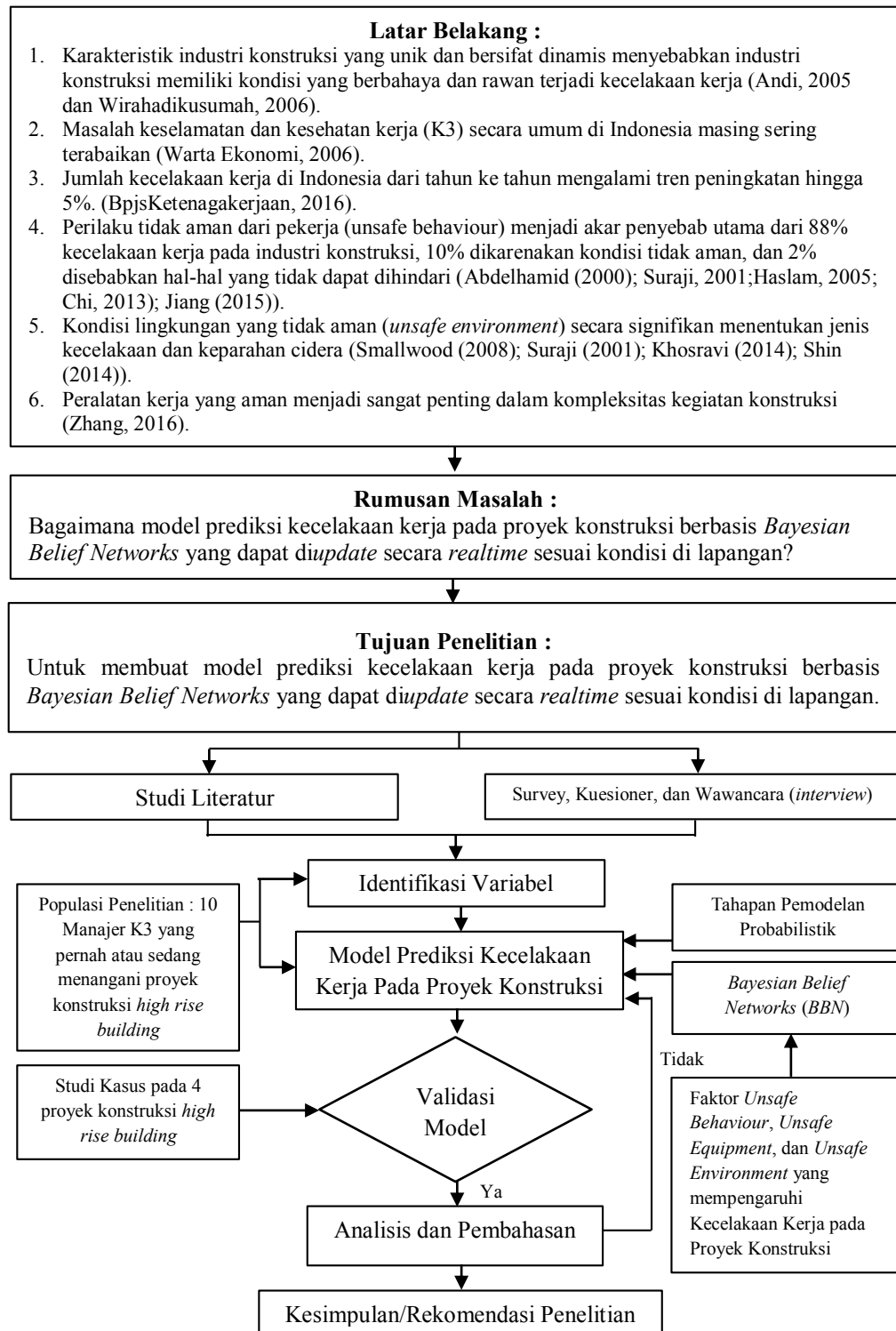
### **METODA PENELITIAN**

#### **3.1 Konsep dan Model Penelitian**

Berdasarkan latar belakang, perumusan masalah dan tujuan, maka penelitian ini menggunakan penelitian kuantitatif karena lebih menekankan analisisnya pada data-data angka yang diolah dengan metode *Bayesian Belief Networks (BBN)*.

#### **3.2 Tahapan Penelitian**

Dalam melakukan penelitian, memerlukan tahapan-tahapan sistematis atau lebih dikenal dengan proses penelitian yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1. Prosedur penelitian yang digunakan terdiri atas beberapa tahapan yaitu : Tahapan ke-1 , tahapan menyusun rumusan masalah dan tujuan penelitian. Tahapan ke-2, tahap kajian pustaka, yaitu 1) mengkaji hasil penelitian lain yang relevan, 2) mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment*, 3) memprediksi model yang sesuai untuk mengukur kecelakaan kerja berdasarkan kondisi lapangan. Tahapan ke-3, tahap pembuatan model, yaitu 1) menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment*, yang signifikan terhadap kecelakaan kerja melalui studi literatur, survey, wawancara (*interview*) ahli konstruksi, dan penyebaran kuesioner. 2) memodelkan probabilistik dengan menggunakan pendekatan *BBN*. Tahapan ke-4, tahap validasi model yang terbentuk, yaitu 1) mengaplikasikan model ke empat proyek konstruksi khususnya konstruksi gedung bertingkat (studi kasus), 2) menghitung akurasi model atau kelayakan model, 3) mendiskusikan hasil validasi model. Tahapan ke-5, tahap analisa terhadap model, yaitu 1) menentukan model akhir setelah validasi, 2) mendiskusikan finalisasi model. Diagram Alir Penelitian selengkapnya disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian  
(Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2017)

### **3.3 Populasi dan Sampel Penelitian**

#### **3.3.1 Populasi Penelitian**

Populasi pada penelitian ini adalah para manajer K3 yang bekerja pada perusahaan konstruksi di Surabaya dengan pengalaman di bidang konstruksi bangunan bertingkat tinggi (*high rise building*).

#### **3.3.2 Sampel dan Responden Penelitian**

Dalam rangka mempermudah mencari database jumlah sampel maka, menggunakan sampel non-probabilistik dengan teknik *purposive sampling*. Teknik *purposive sampling* adalah teknik penetapan sampel dengan pertimbangan tertentu, artinya setiap subjek yang diambil populasi dipilih dengan sengaja berdasarkan tujuan dan pertimbangan tertentu. Teknik *purposive sampling* bertujuan untuk menentukan sampel yang benar-benar sesuai dan kompeten dengan penelitian yang akan dilakukan.

Dalam memilih responden (tenaga ahli konstruksi) yang dinilai mampu memberikan pendapat dan pemikiran yang berkaitan dengan pengalaman dan profesi. Adapun karakteristik responden antara lain : (1) ahli konstruksi yang mampu memberikan pendapat dan jawaban yang tepat dan obyektif terhadap permasalahan yang dibahas, memiliki pengalaman minimum 10 tahun dalam menangani proyek konstruksi gedung bertingkat (2) mampu memberikan pendapat tentang estimasi probabilitas dan hubungan antara faktor-faktor dengan latar belakang memiliki pengalaman kerja pada bidang terkait dan didukung jenjang pendidikan yang spesifik. Dalam penelitian ini responden (ahli konstruksi) adalah Manajer K3 pada 10 (sepuluh) proyek konstruksi bangunan tingkat tinggi (*high rise building*). Profil ahli konstruksi (*expert*) dan perusahaan konstruksi disajikan pada lampiran 6.

#### **3.3.3 Obyek Penelitian**

Obyek penelitian adalah sepuluh proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi (*high rise building*) di Surabaya yang memiliki karakteristik antara lain : 1) fungsi bangunan untuk hunian (apartemen), 2) jumlah lantai minimal 20 lantai. Satu proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi yang menjadi obyek penelitian

digunakan sebagai studi kasus untuk kepentingan validasi model. Untuk lebih detail daftar proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi (*high rise building*) disajikan pada lampiran 6.

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer. Metode pengumpulan data dilakukan sebagai berikut :

#### 1. Kuesioner Pendahuluan

Variabel yang didapatkan pada tahap studi literatur disajikan dalam bentuk kuesioner untuk melengkapi *conceptual model BBN* dari penelitian. Kuesioner pendahuluan ini untuk memverifikasi variabel yang didapatkan dari studi literatur apakah relevan dengan kondisi yang ada di lapangan dan untuk memverifikasi struktur model yang dibentuk. Selain itu tujuan kuesioner pendahuluan untuk memperoleh faktor-faktor *unsafe behaviour*, *unsafe equipment*, dan *unsafe environment* yang paling signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja dan hubungan antara variabel. Kuesioner pendahuluan ini akan ditujukan ke *expert* dalam hal ini yaitu 10 (sepuluh) Manajer K3. Skala pengukuran yang digunakan dalam kuesioner pendahuluan yaitu dengan derajat pengaruh pada skala poin 1-5 yaitu :

- a. Skor 1 = Tingkat pengaruh sangat kecil/sangat lemah
- b. Skor 2 = Tingkat pengaruh kecil/lemah
- c. Skor 3 = Tingkat pengaruh sedang
- d. Skor 4 = Tingkat pengaruh besar/kuat
- e. Skor 5 = Tingkat pengaruh sangat besar/sangat kuat

Sedangkan untuk mengetahui sebab akibat dan besar hubungan antar variabel digunakan skala pengukuran yaitu skor 0 apabila tidak berhubungan dan skor 1 apabila berhubungan.

#### 2. Wawancara (*interview*) dan kuesioner utama

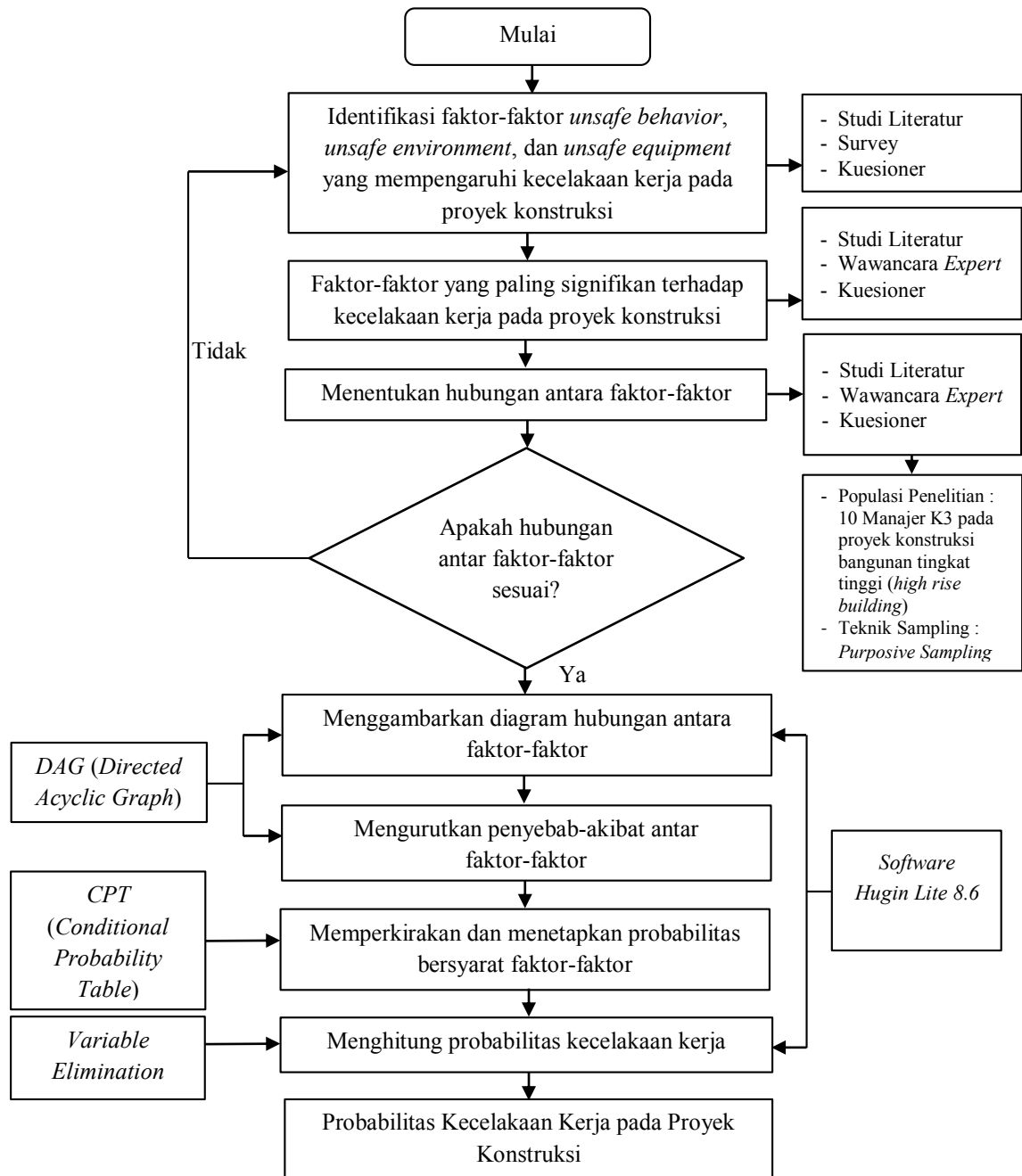
Setelah diperoleh *conceptual model BBN* yang sesuai maka selanjutnya dilakukan wawancara (*interview*) dan kuesioner utama. Pada tahapan ini bertujuan untuk memperoleh estimasi probabilitas yang bertujuan untuk kepentingan prediksi probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Skala pengukuran yang digunakan dalam kuesioner utama yaitu nilai probabilitas antara 0 sampai dengan 1.

### **3.5 Metode Analisa Data**

#### **3.5.1 Tahap Pemodelan**

Tahapan pemodelan kecelakaan kerja pada proyek konstruksi tersebut dijelaskan secara singkat sebagai berikut : *Bayesian Belief Networks (BBN)*, merupakan tahap untuk menentukan probabilitas faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. *Bayesian Network* terdiri dari komponen kualitatif yaitu *DAG (Directed Acyclic Graph)*, sedangkan nilai-nilai probabilitas node merupakan *CPT* setiap node. *CPT* merupakan komponen kuantitatif dari *Bayesian Network*. Tahapan BBN, yaitu : a) menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment*. b) melakukan filterisasi faktor melalui studi literatur, survey, wawancara (*interview*) ahli konstruksi dan penyebaran kuesioner. c) memperoleh faktor yang signifikan terhadap kecelakaan kerja proyek konstruksi. d) menentukan hubungan antara faktor-faktor melalui studi literatur, survey, wawancara (*interview*), dan kuesioner. Analisa metode *Bayesian Belief Networks* dalam penelitian ini menggunakan *software Hugin Lite 8.6 free download* dengan mekanisme sebagai berikut : a) menggambarkan diagram hubungan antara faktor-faktor. b) mengurutkan penyebab akibat antar faktor-faktor. c) memperkirakan dan menetapkan probabilitas bersyarat faktor-faktor (*conditional probability table*). d) menghitung probabilitas kecelakaan kerja dengan menggunakan metode eliminasi variabel (*variable elimination*) melalui proses inferensi probabilitas. Pada tahap inferensi ini juga menggunakan program *Bayes (software Hugin Lite 8.6 free download)*. Diagram alir *BBN* selengkapnya dipaparkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir *Bayesian Belief Networks*  
(Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2017)

### 3.5.2 Struktur Model *Bayesian Belief Networks* (BBN)

Perancangan struktur *conceptual model BBN* merupakan tahap awal yang harus dilakukan dalam metode *Bayesian Belief Networks*. Hal ini disebabkan karena *conceptual model* awal tersebut akan memperlihatkan bagaimana hubungan antar variabel-variabel tersebut bekerja membentuk sebuah sistem serta pengaruhnya



terhadap probabilitas terjadinya kecelakaan kerja. Hubungan antara variabel-variabel yang ada pada model awal/ sementara ini diperoleh berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan.

Tiga variabel utama berdasarkan studi literatur memiliki pengaruh langsung/proksimal menyebabkan kecelakaan kerja digunakan dalam model awal/ sementara ini, yaitu : perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*). Setiap variabel utama dibentuk oleh sub variabel-sub variabel. Pada variabel perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) dipengaruhi oleh sub variabel kondisi fisik dan mental pekerja, keterampilan pekerja, dan kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja, pelatihan, manajemen supervisi, budaya perusahaan, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, persyaratan peraturan (Sub Bab 2.3.1 Tabel 2.4).

Secara keseluruhan hubungan antar variabel pembentuk *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* terlihat pada Tabel 3.1, sedangkan sub variabel dari masing-masing variabel dapat dilihat pada Sub Bab 2.3, Tabel 2.4. Hubungan antar variabel disajikan dalam Tabel 3.1, digambarkan pada sebuah model awal *conceptual model Bayesian Belief Networks* seperti terlihat pada gambar 3.3, dan penjelasan hubungan antar variabel dipaparkan pada Sub Bab 2.3.2.

Tabel 3.1 Hubungan Antar Variabel *Unsafe Behaviour*, *Unsafe Environment*, dan

*Unsafe Equipment Terhadap Kecelakaan Kerja*

No.	Parents Node	Child Node	Sumber
1.	Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	(Bomel, dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
		Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	(Bomel, dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
2.	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	(Bomel, dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016); Zhang (2016))

No.	Parents Node	Child Node	Sumber
3.	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
		Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	(Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
		Pelatihan ( <i>Training</i> )	(Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
4.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	(Bomel,dkk (2003); Oswald (2013); Nguyen, dkk (2016))
		Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	(Bomel,dkk (2003); Oswald (2013); Nguyen, dkk (2016))
		Pelatihan ( <i>Training</i> )	(Bomel,dkk (2003); Oswald (2013); Nguyen, dkk (2016))
5.	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	(Bomel,dkk (2003); Nguyen, dkk (2016))
		Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	(Bomel,dkk (2003); Nguyen, dkk (2016))
		Moral pekerja ( <i>Worker's morale and alertness</i> )	(Bomel,dkk (2003); Nguyen, dkk (2016))
6.	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	(Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
		Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	(Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
		Moral pekerja ( <i>Worker's morale and alertness</i> )	(Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
		Kesadaran keselamatan ( <i>Safety Awareness</i> )	(Bomel,dkk (2003); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016))
7.	Pelatihan ( <i>Training</i> )	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	(Bomel, dkk (2003); Seo (2005); Hu, dkk (2011); Oswald (2013); Zhang, (2016); Wang (2016); Nguyen, dkk (2016))
		Kesadaran keselamatan ( <i>Safety Awareness</i> )	(Bomel, dkk (2003); Seo (2005); Hu, dkk (2011); Oswald (2013); Zhang, (2016); Wang (2016); Nguyen, dkk (2016))
		Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )	(Bomel, dkk (2003); Seo (2005); Hu, dkk (2011); Oswald (2013); Zhang, (2016); Wang (2016); Nguyen, dkk (2016))
8.	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Peralatan tidak aman ( <i>Unsafe equipment</i> )	(Bomel, dkk (2003); Hamid (2008); Nguyen (2016))
9.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	Peralatan tidak aman ( <i>Unsafe equipment</i> )	(Zhang dan Nguyen, 2016).
10.	Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's mental and physical condition</i> )	Perilaku tidak aman ( <i>Unsafe behaviour</i> )	(Bomel, dkk (2003); Hamid (2008); Hu, dkk (2011); Jiang (2015); Wang (2016); Nguyen, dkk (2016).

No.	Parents Node	Child Node	Sumber
11.	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety Awareness</i> )	Perilaku tidak aman ( <i>Unsafe behaviour</i> )	(Seo (2005); Hamid (2008); Silva (2012); Jiang (2015); Nguyen, dkk (2016))
12.	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )	Lingkungan tidak aman ( <i>Unsafe environment</i> )	(Silva (2012); Seo (2005); Wong (2016); Hamid (2008); Haslam (2005); Khosravi (2014); Hu, dkk (2011); Nguyen, dkk (2016).
13.	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )	Perilaku tidak aman ( <i>Unsafe behaviour</i> )	(Fang (2013); Nguyen, 2016))
14	Lingkungan tidak aman ( <i>Unsafe environment</i> )	Kondisi tidak aman ( <i>Unsafe condition</i> )	(Nawangwulan (2008); Abdelhamid (2000); Andi (2005))
15.	Peralatan tidak aman ( <i>Unsafe equipment</i> )	Kondisi tidak aman ( <i>Unsafe Condition</i> )	(Abdelhamid (2000); Zhang (2016); Shin (2014); Ersam (2007))
16.	Kondisi tidak aman ( <i>Unsafe condition</i> )	Kecelakaan Kerja	Haslam (2005); Zhang (2016)
17.	Perilaku tidak aman ( <i>Unsafe behaviour</i> )	Kecelakaan Kerja	Hamid (2008), Khosravi (2014), Oswald (2013), Chi (2013), Andi (2005), Shin (2014), Han (2010), Wang (2016), dan Mohammadfam (2017)

Sumber : Hasil studi literatur (2017)

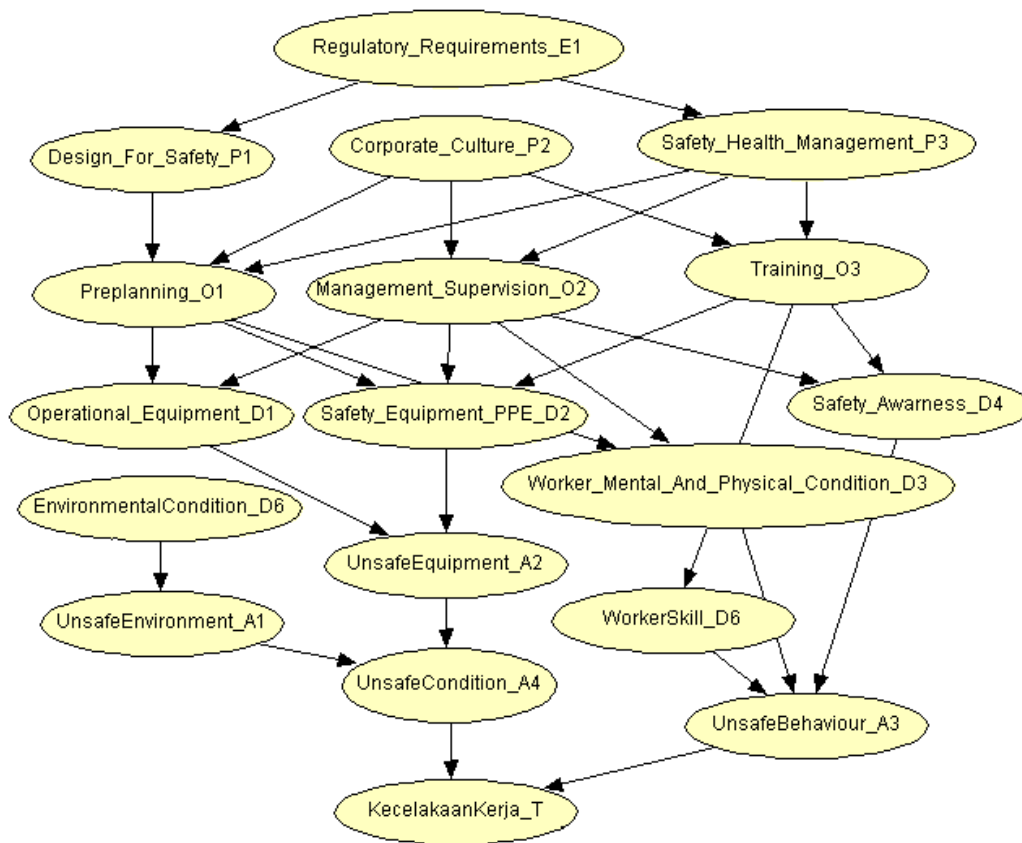
Pada metode *bayesian belief networks*, masing-masing variabel memiliki beberapa karakteristik yaitu : 1) nama variabel. 2) hubungannya dengan variabel lain (*parents nodes versus child nodes*). 3) *state* variabel. 4) data tabel probabilitas bersyarat (*conditional probability table*). *States* masing-masing variabel harus terdefinisikan dengan jelas yang mencerminkan pengaruhnya terhadap probabilitas terjadinya kecelakaan kerja serta dapat memberikan kemudahan para *expert* dalam memberikan penilaian subyektifitas maupun estimasi probabilitas. Pada tabel 3.1 merangkum daftar variabel dengan masing-masing *states* dan hubungannya dengan variabel lain.

Berbagai faktor penyebab kecelakaan kerja meliputi perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*), dilakukan analisa hubungan antar faktor, untuk mengetahui *parent* dan *child*. Analisa hubungan antar faktor diperoleh dari hasil studi literatur. Dalam tabel 3.2 disajikan deskripsi dan *states* variabel-variabel yaitu pada tipe node 1) *starting node* merupakan node tanpa *parents* 2) *target node* yaitu node tanpa *child* 3) *intermediate node* yaitu node antara *root* dan *leaf nodes*.

Tabel 3.2 Deskripsi dan *States* Variabel-variabel

<b>Type Node</b>	<b>Simbol</b>	<b>Node Deskripsi</b>	<b>States</b>	<b>Preceding Node</b>	<b>Following Node</b>
Start	E1	Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )	Memenuhi/Tidak Memenuhi	-	P1,P3
Intermediate	P1	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	Terjamin/Tidak Terjamin	E1	O1
Intermediate	P2	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Mendukung/Tidak Mendukung	-	O1,O2,O3
Intermediate	P3	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Efektif/Tidak Efektif	E1	O1,O2,O3
Intermediate	O1	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	Efektif/Tidak Efektif	P1,P2,P3	D1,D2
Intermediate	O2	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	Proaktif/Reaktif	P2,P3	D1,D2,D4
Intermediate	O3	Pelatihan ( <i>Training</i> )	Relevan/Tidak Relevan	P2,P3	D1,D2,D4
Intermediate	D1	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Sesuai standar/Tidak sesuai standar	O1,O2,O3	A2
Intermediate	D2	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	Menggunakan/Tidak Menggunakan	O1,O2,O3	A2,A3
Intermediate	D3	Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's physical and mental condition</i> )	Sehat/Tidak Sehat	O1,O2	A3
Intermediate	D4	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety Awareness</i> )	Tinggi/Rendah	O2,O3	A3
Intermediate	D5	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )	Mendukung/Tidak Mendukung	-	A1
Intermediate	D6	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )	Kompeten/tidak kompeten	O3	A3
Intermediate	A1	Lingkungan tidak aman ( <i>Unsafe environment</i> )	Lingkungan aman/tidak aman	D5	A4
Intermediate	A2	Peralatan tidak aman ( <i>Unsafe equipment</i> )	Peralatan aman/tidak aman	D1,D2	A4
Intermediate	A3	Perilaku tidak aman ( <i>Unsafe behaviour</i> )	Perilaku aman/tidak aman	D3,D6, D4	T
Intermediate	A4	Kondisi tidak aman ( <i>Unsafe condition</i> )	Kondisi lingkungan & peralatan yang aman/tidak aman	A1,A2	T
Target	T	Kecelakaan Kerja ( <i>Construction Worker's Accident</i> )	Fatal Berat Ringan	A1,A2,A3	

Sumber : Hasil studi literatur (2017)



Gambar 3.3 *Conceptual Model Bayesian Belief Networks* Awal/Sementara  
(Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2017)

Dalam model *Bayesian* setiap *node* memiliki tabel probabilitas bersyarat yang diilustrasikan pada lampiran 3.

### 3.5.2.1 Validasi Model *Bayesian Belief Network (BBN)*

Validasi model merupakan upaya dalam rangka meyakinkan apakah model yang telah dibangun merupakan representasi yang paling akurat dari realitas yang dikaji, sehingga model dapat menghasilkan kesimpulan yang meyakinkan. Validasi model *BBN* yang telah dibuat dengan menguji model tersebut pada tempat kejadian sesungguhnya, yang diproses dengan menggunakan *software Hugin Lite* 8.6.

Dalam penelitian ini, studi kasus dilakukan pada proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi di Surabaya untuk memvalidasi hasil pengembangan model dengan mengaplikasikan model pada proyek konstruksi gedung tersebut.

Pengukuran akurasi model dihitung dengan menggunakan formula statistik *Absolute Percentage Error (APE)*.

$$APE = \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100 \quad (4)$$

dimana  $\hat{y}_t$  = nilai prediksi/peramalan pada periode ke- $t$ ,

$y_t$  = nilai aktual/real pada periode ke- $t$ ,

$t$  = periode prediksi/peramalan

Jika nilai  $APE \leq 30$ , maka model prediksi akurat/layak untuk digunakan (Makridakis,dkk, 1998).

#### **3.5.2.2 Analisa Deviasi (Penyimpangan)**

Pada penelitian ini, analisa deviasi dilakukan untuk mengetahui deviasi antara nilai probabilitas aktual dari faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*) pada proyek konstruksi terhadap hasil prediksi model probabilistik yang diperoleh.

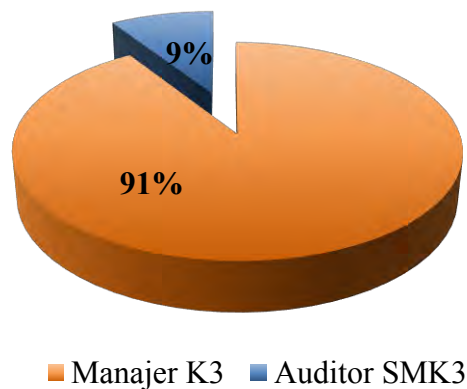
## BAB 4

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Identifikasi Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi

Dalam memprediksi terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi maka perlu diperhatikan faktor-faktor yang sangat mempengaruhinya sehingga terjadinya fatalitas kecelakaan kerja dapat berkurang dan sasaran pelaksanaan proyek konstruksi dapat tercapai. Apabila faktor-faktor tersebut tidak dapat diidentifikasi sebelum dan selama masa konstruksi maka akan mempengaruhi waktu penyelesaian proyek konstruksi. Identifikasi faktor tersebut dilakukan melalui studi literatur (Lampiran 2), dan survey melalui kuesioner atau wawancara (*interview*) ahli konstruksi pada tabel 4.1 dan 4.2. Pengisian kuesioner dilakukan oleh ahli konstruksi (*expert*) sebagai responden. Adapun diagram profil ahli konstruksi (*expert*) diuraikan sebagai berikut :

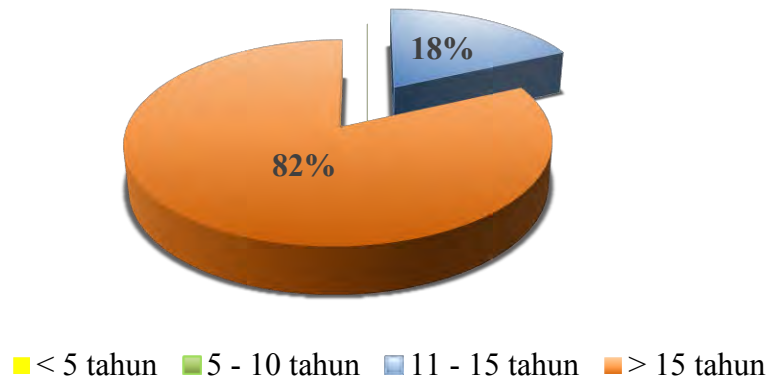
##### 1. Posisi Responden



Gambar 4.1 Posisi Ahli Konstruksi (*Expert*) dalam Proyek Konstruksi Gedung

Posisi ahli konstruksi (*expert*) dalam proyek konstruksi gedung yang disajikan pada gambar 4.1 terdiri atas 9% posisi Auditor SMK3 perusahaan konstruksi, dan 91% sebagai Manajer K3 (*SHE Manager*).

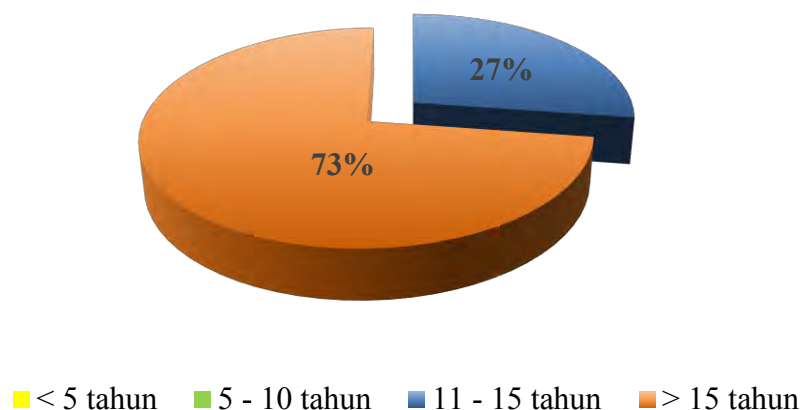
## 2. Pengalaman Ahli Konstruksi (*Expert*) di Bidang Proyek Konstruksi Gedung



Gambar 4.2 Pengalaman Ahli Konstruksi (*Expert*) dalam bidang Proyek Konstruksi Gedung

Gambar 4.2 menyajikan pengalaman ahli konstruksi (*expert*) dalam menangani proyek konstruksi gedung dimana 82% berpengalaman > 15 tahun dan 18% berpengalaman antara 11-15 tahun. Hal tersebut menggambarkan bahwa sebagian besar responden pada penelitian ini telah memiliki pengalaman kerja yang cukup lama di bidang konstruksi gedung.

## 3. Pengalaman Ahli Konstruksi (*Expert*) di Bidang K3 pada Proyek Konstruksi Gedung

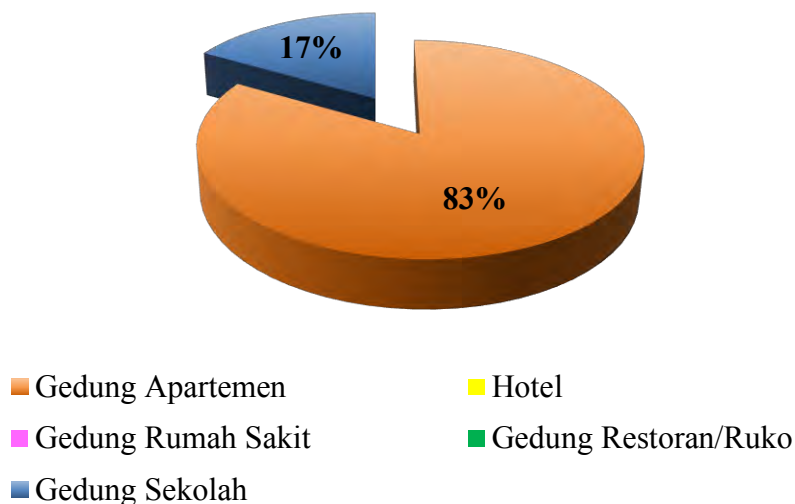


Gambar 4.3 Pengalaman Ahli Konstruksi (*Expert*) dalam bidang K3 pada Proyek Konstruksi Gedung



Gambar 4.3 menyajikan pengalaman ahli konstruksi (*expert*) dalam menangani proyek konstruksi gedung khususnya dalam bidang K3/SHE (*Safety Health and Environment*) dimana 73% berpengalaman > 15 tahun dan 27% berpengalaman antara 11-15 tahun. Hal tersebut menggambarkan bahwa sebagian besar responden pada penelitian ini telah memiliki pengalaman kerja yang cukup lama khususnya di bidang K3/SHE pada proyek konstruksi gedung.

#### 4. Jenis Proyek Gedung



Gambar 4.4 Jenis Proyek Gedung yang telah ditangani oleh Ahli Konstruksi (*Expert*)

Dari gambar 4.4 tipe proyek gedung yang telah ditangani oleh ahli konstruksi (*expert*) sebagai responden dalam penelitian adalah 83% telah berpengalaman menangani proyek gedung dengan jumlah lantai > 20 yang berfungsi sebagai apartemen dan 17% telah berpengalaman dalam menangani proyek gedung sekolah.

Hasil identifikasi faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja berdasarkan studi literatur terdapat 45 faktor (Lampiran 2). Dari 45 faktor tersebut diperoleh 13 faktor yang sangat berpengaruh terhadap kecelakaan kerja. Ke 13 faktor tersebut disusun dalam bentuk kuesioner (Lampiran 3) untuk mengidentifikasi faktor signifikan yang mempengaruhi kecelakaan kerja dengan menggunakan skala *Likert* yaitu skor 1 = tingkat pengaruh sangat kecil/sangat lemah, skor 2 = tingkat pengaruh kecil/lemah, skor 3 = tingkat pengaruh sedang, skor 4 = tingkat pengaruh

besar/kuat, skor 5 = tingkat pengaruh sangat besar/sangat kuat. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Mean* untuk menentukan faktor signifikan. Hasil perhitungan identifikasi faktor signifikan yang mempengaruhi kecelakaan kerja disajikan pada tabel 4.1.

Berdasarkan hasil kuesioner dan wawancara (*interview*) ahli konstruksi serta pengolahan data menggunakan *mean* (rata-rata) maka terdapat 13 (tiga belas) faktor yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi yaitu : 1) Persyaratan peraturan (*regulatory requirements*), yaitu kerangka peraturan, standar, dan pedoman yang mengatur industri, profil perusahaan, dan pelaksanaannya. *State* faktor terdiri atas "memenuhi" apabila adanya pemenuhan dan penerapan peraturan perundang-undangan/persyaratan hukum yang berlaku di bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja pada proyek konstruksi serta adanya *review* dan monitoring terhadap kriteria yang harus dipenuhi, dan "tidak memenuhi" jika belum terpenuhinya dan diterapkannya peraturan perundang-undangan dan persyaratan hukum yang berlaku di bidang K3. Nilai probabilitas *state* faktor ditentukan berdasarkan data primer melalui kuesioner. 2) Desain keselamatan (*design for safety*) merupakan proses desain yang menjamin *buildability*, *operability*, dan *safety* selama fase konstruksi dan pemeliharaan. *State* faktor dinyatakan dengan "menjamin" jika desain yang dibuat telah mempertimbangkan masalah keselamatan dan kesehatan kerja dengan mengidentifikasi potensi bahaya, penilaian dan pengendalian resiko, dan "tidak menjamin" jika tidak adanya pertimbangan masalah keselamatan dan kesehatan kerja pada tahapan desain. Nilai probabilitas *state* faktor desain keselamatan diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 3) Budaya perusahaan (*corporate culture*), yaitu nilai-nilai, keyakinan, norma, dan kebiasaan suatu organisasi/perusahaan yang mampu mempengaruhi perilaku pekerja. *State* faktor dinyatakan dengan "mendukung" apabila adanya keterlibatan secara aktif dan komitmen dari *top management* dalam menjalankan program keselamatan kerja termasuk tindakan penegakan hukum dengan diberlakukannya sanksi atas pelanggaran terhadap peraturan dan prosedur keselamatan kerja dan "tidak mendukung" jika tidak adanya komitmen dan keterlibatan manajemen dalam terciptanya perilaku dan kondisi yang aman. Nilai probabilitas *state* faktor budaya

perusahaan diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 4) Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) yaitu sistem manajemen yang meliputi kebijakan keselamatan kerja, definisi peran dan tanggung jawab untuk keselamatan, pelaksanaan serta langkah-langkah dalam meningkatkan keselamatan dan evaluasi kinerja keselamatan. *State* faktor dinyatakan dalam "efektif" apabila standar K3 telah mengikuti peraturan-peraturan dan persyaratan yang berlaku termasuk adanya pendefinisian peran tanggung jawab yang jelas dan telah diterapkannya secara konsisten dalam pencapaian target *zero accident* serta adanya komitmen *top management* untuk memastikan Sistem Manajemen K3 dapat berjalan dan sesuai dengan jenis skala risiko. Efektif dalam hal ini juga terdapat manajemen *review* dan perbaikan berkelanjutan untuk memastikan kebijakan tersebut tetap sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan dan "tidak efektif" jika tidak adanya peran dan tanggung jawab yang jelas dalam kaitannya dengan masalah keselamatan serta tidak adanya standar maupun prosedur manajemen untuk memantau/mengevaluasi kinerja keselamatan kerja. Nilai probabilitas *state* faktor Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 5) Perencanaan awal (*Preplanning*) yaitu perencanaan, pendefinisian, dan penugasan sumber daya yang tepat sesuai dengan rencana aktivitas pekerjaan. *State* faktor dinyatakan dalam "efektif" apabila terdapatnya perencanaan dalam pemenuhan proses manajemen dalam identifikasi bahaya dan risiko termasuk penilaian maupun pengendalian serta identifikasi peraturan perundang-undangan yang dianut oleh perusahaan, menetapkan sasaran dan tujuan serta program untuk diimplementasikan pada semua rencana aktifitas pekerjaan dan "tidak efektif" jika perencanaan awal dirancang dan disusun tanpa memperhatikan metode kerja yang aman. Nilai probabilitas *state* faktor perencanaan awal diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 6) Manajemen/Supervisi (*Management and Supervision*) yaitu sistem pengelolaan dan pengawasan yang menjamin keselamatan pekerja dan sumber daya lainnya. *State* faktor dinyatakan dalam "proaktif" apabila manajemen dan supervisi proaktif dalam upaya pengawasan dan pengendalian risiko dan "reaktif" jika tidak adanya upaya dalam penilaian dan pengendalian risiko. Nilai probabilitas *state* faktor manajemen/supervisi diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 7) Pelatihan (*Training*) merupakan upaya

peningkatan keterampilan dan kemampuan tenaga kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan dari pekerjaan para pekerja. *State* faktor dinyatakan dalam "relevan" apabila pelatihan yang dilaksanakan dan diikuti sesuai dengan kompetensi, tugas, dan tanggungjawab mereka di proyek serta tergantung pada lingkup pekerjaan dan "tidak relevan" jika pelatihan tidak sesuai dengan kompetensi, tugas, dan tanggungjawab mereka dilapangan. Nilai probabilitas *state* faktor pelatihan diperoleh dari data primer melalui kuesioner.

8) Peralatan kerja (*Operational equipment*) yaitu ketersediaan peralatan kerja yang sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan. *State* faktor dinyatakan dalam "sesuai standar" apabila alat kerja memenuhi persyaratan dan mempunyai standar sertifikasi dari pihak ketiga, serta adanya rutinitas inspeksi, monitoring dan pemeliharaan oleh orang yang berkompeten. *State* "Tidak sesuai standar" jika peralatan kerja tidak memenuhi standar yang berlaku. Nilai probabilitas *state* faktor peralatan kerja diperoleh dari data primer melalui kuesioner.

9) Peralatan keselamatan dan APD (*Safety equipment and PPE*) yaitu peralatan keselamatan dan APD sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan. *State* faktor dinyatakan dalam "menggunakan" apabila pekerja memiliki tingkat disiplin dan kepatuhan dari dalam pemakaian peralatan keselamatan dan alat pelindung diri / APD yang benar dan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan dan "tidak menggunakan" jika tidak adanya kepedulian dan kepatuhan tenaga kerja dalam pemakaian peralatan keselamatan dan APD. Nilai probabilitas *state* faktor peralatan keselamatan dan APD diperoleh dari data primer melalui kuesioner.

10) Kondisi fisik dan mental pekerja (*Worker's physical and mental condition*) yaitu kondisi fisik dan mental pekerja ketika bekerja. *State* faktor dinyatakan dalam "sehat" apabila pekerja memiliki kemampuan fisik yang prima dalam melaksanakan pekerjaan dengan baik dan aman serta memiliki sikap positif dan optimis terhadap pekerjaan yang akan dilakukan, adanya tingkat komitmen yang tinggi dalam menerapkan keselamatan kerja dan "tidak sehat" jika pekerja dalam kondisi lemah dan tidak adanya motivasi serta sikap yang pesimis terhadap masalah keselamatan kerja. Nilai probabilitas *state* faktor kondisi fisik dan mental pekerja diperoleh dari data primer melalui kuesioner.

11) Kesadaran keselamatan (*Safety awarness*) merupakan kesadaran pekerja akan bahaya dan risiko kecelakaan kerja. *State* faktor dinyatakan dalam

”tinggi” apabila pekerja mempunyai kesadaran akan bahaya dan risiko terkait dengan pekerjaan yang akan dilakukan dan ”rendah” jika tidak adanya kepedulian akan pentingnya keselamatan kerja dan kewaspadaan terhadap risiko dan potensi bahaya pada pekerjaan yang akan dilakukan. Nilai probabilitas *state* faktor kesadaran akan keselamatan diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 12) Keterampilan pekerja (*Worker's skill*) yaitu keterampilan, pengalaman, dan kemampuan pekerja yang dibutuhkan dalam melakukan tugas tertentu dengan aman dan sesuai tujuan yang diharapkan. *State* faktor dinyatakan dalam ”kompeten” apabila pekerja memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam menggunakan peralatan kerja dan peralatan keselamatan yang harus digunakan serta pekerja memahami akan peran dan tanggung jawab mereka dan ”tidak kompeten” jika pekerja tidak memiliki pengetahuan tentang peralatan yang akan digunakan. Nilai probabilitas *state* faktor keterampilan pekerja diperoleh dari data primer melalui kuesioner. 13) Kondisi lingkungan (*Unsafe environment*) yaitu pengaruh faktor internal (seperti kebisingan, getaran, dan tekanan) dan faktor eksternal (cuaca, kelembaban) terhadap aktivitas/kegiatan proyek konstruksi. *State* faktor dinyatakan dalam ”mendukung” apabila faktor internal dan eksternal tidak mempengaruhi aktivitas kegiatan konstruksi dan ”tidak mendukung” jika faktor internal dan eksternal sangat mempengaruhi aktivitas kegiatan konstruksi. Nilai probabilitas *state* faktor kondisi lingkungan diperoleh dari data primer melalui kuesioner.

#### **4.2 Hasil Model Hubungan antara Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi**

Hubungan antara faktor signifikan yang mempengaruhi kecelakaan kerja diperoleh melalui studi literatur dan hasil pengisian kuesioner dan wawancara (*interview*) ahli K3 konstruksi. Rangkuman hasil model hubungan antara faktor signifikan yang mempengaruhi kecelakaan kerja berdasarkan pendapat ahli konstruksi (*expert opinion*) melalui kuesioner dan wawancara (*interview*) dengan menggunakan matriks ketergantungan (*dependency matrix*) disajikan pada tabel 4.2. Tabel 4.3 menyajikan hasil model hubungan antara faktor-faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), peralatan tidak aman (*unsafe equipment*) dan lingkungan tidak aman (*unsafe environment*) yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada

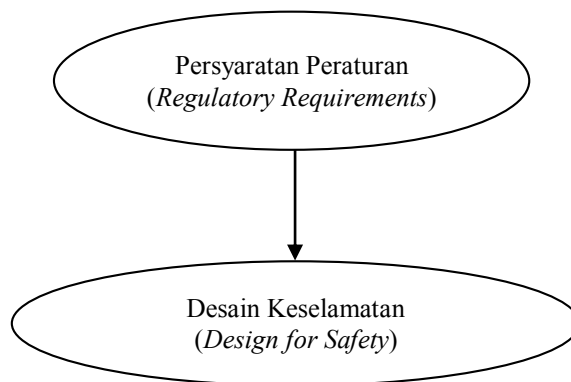
Tabel 4.1 Hasil Identifikasi Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Berdasarkan Kuesioner

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Total	Rata-rata	Peringkat
Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )	4	3	4	5	2	4	4	5	4	5	40	4.0	9
Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awariness</i> )	4	5	5	5	4	5	2	5	4	5	44	4.4	2
Kondisi fisik dan mental ( <i>Worker's physical and mental</i> )	4	4	4	4	3	4	4	4	4	5	40	4.0	9
Pelatihan ( <i>Training</i> )	5	4	3	4	4	4	4	4	5	5	42	4.2	6
Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	5	5	5	5	4	3	4	4	5	5	45	4.5	1
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	5	4	5	3	3	4	4	5	4	5	42	4.2	6
Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	4	5	4	5	5	3	4	5	4	5	44	4.4	2
Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )	4	4	3	4	4	3	4	4	5	5	40	4.0	9
Peralatan keselamatan dan APD ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	4	4	4	4	4	3	5	4	4	5	41	4.1	8
Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	4	5	3	5	4	4	4	5	4	5	43	4.3	4
Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	5	3	3	4	3	3	4	5	5	5	40	4.0	9
Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	5	5	4	3	4	3	4	5	5	5	43	4.3	4
Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	40	4.0	9

Sumber : Hasil Analisis, 2017

proyek konstruksi dengan menggunakan matrik ketergantungan (*dependency matrix*) yang diperoleh melalui kuesioner dan wawancara (*interview*) ahli konstruksi (*expert*). Angka 1 s/d 10 menyatakan jumlah responden. Semakin banyak jumlah reponden maka model hubungan antara faktor semakin kuat. Penjelasan secara detail mengenai hasil model hubungan antara faktor-faktor diuraikan sebagai berikut :

- a. Hubungan antara faktor persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) terhadap desain keselamatan (*design for safety*)



Tingkat keselamatan dan kesehatan kerja yang tinggi ditempat kerja merupakan salah satu hak pekerja yang wajib dipenuhi oleh perusahaan maupun pemerintah termasuk pada industri konstruksi. Kompleksnya pekerjaan konstruksi serta kurangnya pengawasan terhadap K3 konstruksi menyebabkan proses kerja konstruksi dan kondisi tempat kerja mengandung potensi bahaya terjadinya kecelakaan kerja. Dalam hal ini salah satu bentuk upaya pemerintah adalah dengan dikeluarkannya peraturan perundang-undangan yang bertujuan untuk terciptanya suasana kerja dan lingkungan yang sehat. Persyaratan peraturan memberikan pedoman dan kerangka dalam mengatur kebijakan dan tindakan yang efektif. Faktor desain keselamatan merupakan salah faktor penting dalam proyek konstruksi, dikarenakan konsep desain dipandang sebagai bentuk intervensi yang tepat dalam memperbaiki dan meningkatkan kinerja keselamatan kerja.

Tabel 4.2 Hasil Model Hubungan Antara Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi berdasarkan Matriks Ketergantungan

SEBAB																		
Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )																	10	
Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awariness</i> )																	10	
Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's mental and physical condition</i> )																	10	
Pelatihan ( <i>Training</i> )	10	10							9	10								
Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )		9	7						10	9								
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )				9	10						9							
Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )				10	9						10							
Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )							10					9						
Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )																10	10	
Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )																10		
Perencanaan awal <i>Preplanning</i> )			3						9	9			9					
Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )											10							
Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )														10				
Lingkungan Tidak Aman ( <i>Unsafe Environment</i> )																	10	
Peralatan Tidak Aman ( <i>Unsafe Equipment</i> )																	10	
Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> )																		10
Kondisi Tidak Aman ( <i>Unsafe Condition</i> )																		9
Kecelakaan Kerja ( <i>Construction Worker Accident</i> )																		
AKIBAT	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )																	
	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awariness</i> )																	
	Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's mental and physical condition</i> )																	
	Pelatihan ( <i>Training</i> )																	
	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )																	
	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )																	
	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )																	
	Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )																	
	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )																	
	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )																	
	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )																	
	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )																	
	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )																	
	Lingkungan Tidak Aman ( <i>Unsafe Environment</i> )																	
	Peralatan Tidak Aman ( <i>Unsafe Equipment</i> )																	
	Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> )																	
	Kondisi Tidak Aman ( <i>Unsafe Condition</i> )																	
	Kecelakaan Kerja ( <i>Construction Worker Accident</i> )																	

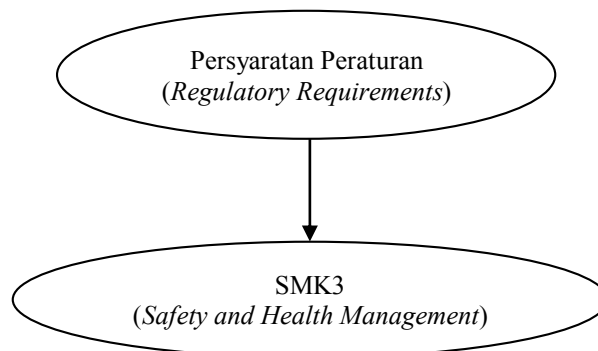
Sumber : Hasil Analisis, 2017

Keterangan : angka 1 s/d 10 adalah jumlah responden



Proses desain harus mempertimbangkan dan menjamin keselamatan pada setiap tahapan proyek mulai dari perencanaan, konstruksi, operasional, dan pemeliharaan, sehingga lingkup desain memberikan penjelasan bagaimana struktur akan dibangun dan memberikan kemudahan pada kontraktor serta menjamin keselamatan kerja. Faktor desain keselamatan tersebut ditentukan oleh peraturan perundang-undangan sebagai pedoman dan syarat yang harus dipenuhi, baik regulasi dari pemerintah yang berupa UU dan peraturan maupun dari perusahaan yang berupa kebijakan (*policy*). Beberapa perusahaan konstruksi mengakui bahwa menilai/mengendalikan risiko pada tahap desain adalah penting untuk penyelesaian proyek konstruksi yang aman. Faktor desain Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang menjamin *buildability*, *operability*, dan *safety* selama fase konstruksi dan pemeliharaan yang mempertimbangkan masalah keselamatan dengan mengidentifikasi potensi bahaya, penilaian dan pengendalian risiko ditentukan dan berpedoman pada peraturan perundangan dan persyaratan hukum yang berlaku untuk membangun sistem kerja yang aman dalam mengontrol dan mengurangi risiko insiden keselamatan.

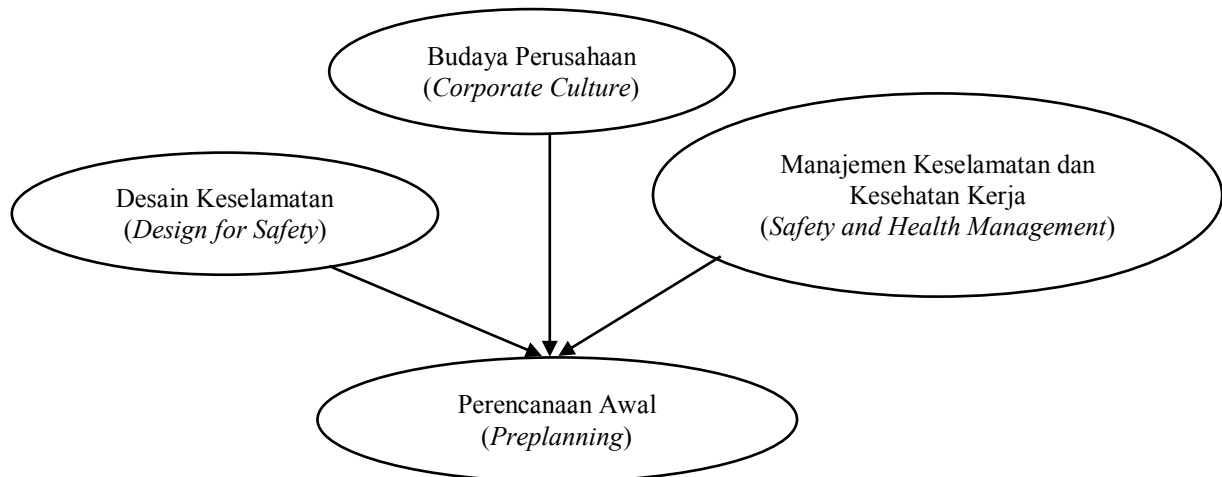
- b. Hubungan antara faktor persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) terhadap SMK3 (*Safety and Health Management*)



Faktor Sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) berpedoman pada peraturan perundang-undangan yang berlaku dalam rangka mengatur kebijakan keselamatan kerja, definisi peran dan tanggung jawab untuk keselamatan, pelaksanaan serta langkah-langkah untuk meningkatkan keselamatan dan evaluasi kinerja keselamatan. Undang-undang dan peraturan yang mengatur keselamatan kerja tersebut telah diterbitkan oleh pemerintah yang bertujuan untuk memberikan acuan bagi pengguna dan penyedia jasa dalam penyelenggaraan SMK3 konstruksi

untuk dilaksanakan secara sistematis, terencana, terpadu dan terkoordinasi serta semua pemangku kepentingan agar mengetahui dan memahami tugas dan kewajibannya dalam penerapan SMK3.

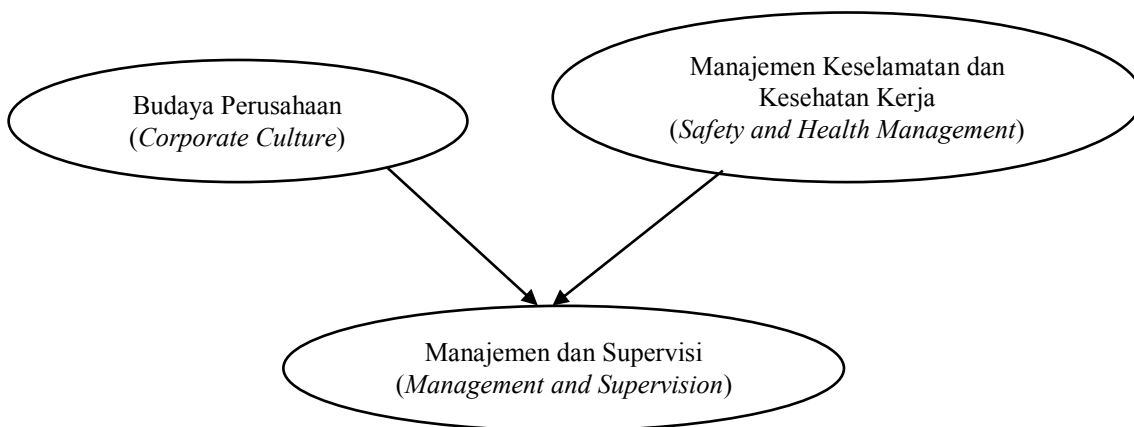
- c. Hubungan antara desain keselamatan (*design for safety*), budaya perusahaan (*corporate culture*), Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) terhadap perencanaan awal (*preplanning*)



Faktor perencanaan awal merupakan faktor yang dipengaruhi dan ditentukan oleh faktor desain keselamatan, budaya perusahaan, dan SMK3. Dalam mewujudkan lingkungan kerja yang aman, sehat, sejahtera maka sangat penting diterapkannya Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) sehingga akan tercapai suasana lingkungan kerja yang aman, sehat, dan nyaman serta tercapainya tenaga kerja yang sehat fisik, sosial, dan bebas kecelakaan. Penerapan SMK3 pada faktor perencanaan awal ini diterjemahkan dalam bentuk *Work Instruction/SOP (Standard Operational Procedure)* yang bertujuan untuk menyusun metode kerja pada setiap item pekerjaan dan juga didasarkan pada desain keselamatan serta budaya perusahaan. Desain K3 diberlakukan pada semua item pekerjaan yang diterjemahkan dalam bentuk metode kerja. Setiap metode kerja meliputi identifikasi penilaian risiko spesifik proyek (IBPR Proyek). IBPR proyek mengidentifikasi potensi bahaya risiko yang akan datang untuk kegiatan yang akan dilakukan. IBPR menilai risiko dalam hal probabilitas dan konsekuensi untuk mengurangi risiko ke tingkat yang dapat diterima. Metode kerja dalam proyek konstruksi merupakan dokumen legal yang disusun oleh tim engineer, dikontrol oleh tim operasional dan tim *SHE* serta disetujui oleh *Project Manager* setempat.

Pada proses penyusunan dan pendiskusian metode kerja tersebut dengan berpedoman pada peraturan perundang-undangan/referensi hukum yang berlaku. Metode kerja pada setiap proyek akan berbeda, hal tersebut dikarenakan karakteristik dan desain setiap proyek berbeda tergantung pekerjaan yang akan dilakukan, sehingga dalam setiap metode kerja diperlukan adanya *job safety analysis (JSA)* pada setiap item pekerjaan. Adanya pengaruh budaya perusahaan sebagai bentuk pentingnya keterlibatan yang aktif dan komitmen dari *top management* yang mendukung konsistensi terlaksananya keselamatan kerja dan kebijakan di dalam perusahaan/organisasi sehingga angka kecelakaan dan penyakit akibat kerja secara signifikan dapat ditekan termasuk tindakan penegakan hukum dengan diberlakukannya sanksi pada setiap pelanggaran terhadap penerapan K3 pada proyek konstruksi baik yang dilakukan oleh pihak pekerja maupun pihak manajemen.

- d. Hubungan antara budaya perusahaan (*corporate culture*) dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) terhadap manajemen dan supervisi (*management and supervision*)

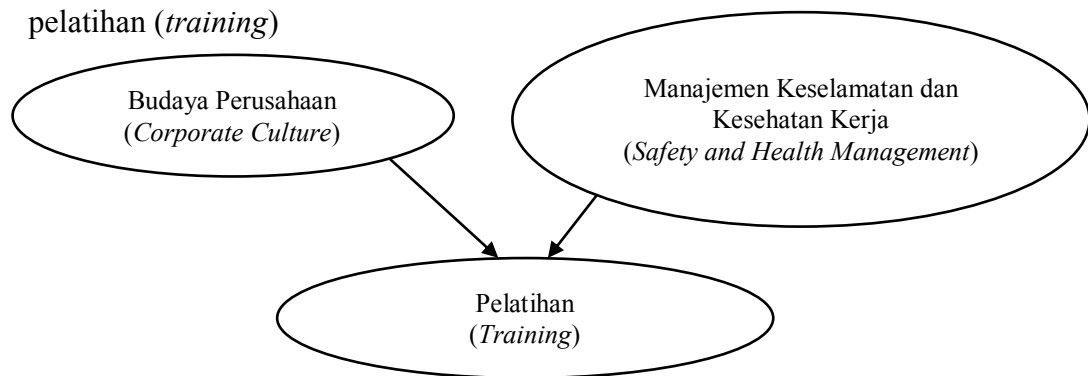


Supervisi merupakan salah satu bagian proses atau kegiatan dari fungsi pengawasan dan pengendalian (*controlling*). Didalam upaya mencegah kecelakaan kerja pada proyek konstruksi maka sangat diperlukan pengawasan secara internal maupun eksternal dari ahli K3 konstruksi dan Depnaker untuk mengetahui terlaksana tidaknya program K3. Faktor manajemen dan supervisi ditentukan oleh faktor budaya perusahaan dan Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja (SMK3). Hal tersebut dikarenakan industri konstruksi memiliki resiko cukup besar, akan tetapi dapat diminimalisir dengan adanya program

keselamatan dan kesehatan kerja melalui pembentukan budaya kerja pada suatu perusahaan yaitu salah satunya budaya keselamatan dan kesehatan kerja melalui komitmen *top management* terhadap masalah keselamatan dan kesehatan kerja, peraturan dan prosedur K3 yang berbasis pada SMK3 yang mengatur kebijakan dan peran tanggung jawab dalam penerapannya. Untuk mengoptimalkan budaya keselamatan juga dilaksanakan melalui komunikasi dan lingkungan sosial pekerja dengan mengadakan *safety talk* dan *safety induction*. SMK3 merupakan upaya integratif yang harus dilakukan tidak hanya dilakukan oleh pihak manajemen akan tetapi juga para pekerja yang terlibat langsung dengan pekerjaan. Perundang-undangan yang dihasilkan dalam proses implementasinya harus selalu diawasi. Proses pengawasan tersebut diharapkan bisa menekan angka kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang pada akhirnya menghasilkan angka *zero accident*. Untuk memastikan terlaksananya K3 secara konsisten dan sesuai dengan standar SMK3, maka proses pengawasan tersebut dilaksanakan melalui kegiatan seperti :

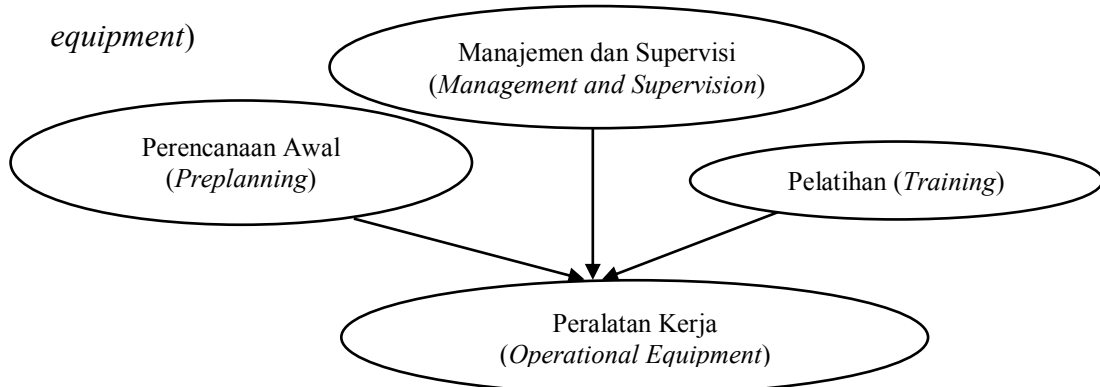
1. Dilaksanakannya *safety meeting* yang membahas evaluasi hasil K3 meliputi kondisi dan permasalahan di lapangan khususnya yang berkaitan dengan pelaksanaan K3 dan langkah-langkah perbaikan.
2. Inspeksi K3 yang dilakukan oleh *safety officer* untuk memastikan konsistensi dan kesesuaian dengan standar K3. Selain metode kerja kegiatan inspeksi tersebut juga mencakup inspeksi peralatan kerja maupun peralatan keselamatan kerja dan APD.
3. *Safety patrol* untuk memonitor keadaan/kondisi lapangan dan mengawasi pelaksanaan kegiatan pekerjaan serta melakukan tindakan pencegahan agar tidak terjadi kecelakaan termasuk menindaklanjuti dengan pemberian sanksi hukuman dan peringatan apabila pekerjaan berbahaya tersebut tetap dilakukan. Setiap pelanggaran yang berhubungan dengan K3 yang dilakukan oleh semua pihak terkait baik itu para pekerja ataupun dari pihak manajemen harus ditentukan sanksinya dengan tegas mulai dari teguran/peringatan, denda, sampai dengan pemutusan hubungan kerja.

4. *Safety review* untuk mengevaluasi apakah sarana K3 dilapangan sesuai dengan standar dan membahas segala temuan pelanggaran maupun saran atas tindakan perbaikan/pencegahan.
- e. Hubungan antara budaya perusahaan (*corporate culture*) dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) terhadap pelatihan (*training*)



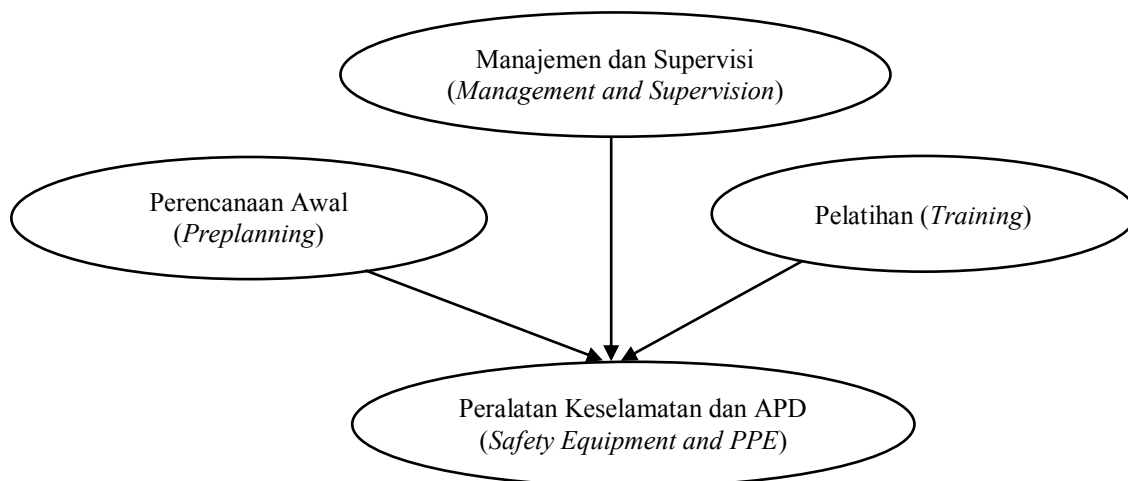
Program pelatihan dikembangkan tidak hanya pada tugas khusus atau keahlian tukang akan tetapi termasuk juga pelatihan penggunaan APD. Pelatihan yang relevan dan efektif diperlukan untuk mencegah praktek yang salah dan untuk memperlihatkan cara yang lebih baik dalam bekerja. Tingginya turn over tenaga kerja sehingga selalu dihadapkan pada orang-orang baru yang terkadang belum terlatih. Faktor pelatihan tersebut ditentukan oleh faktor budaya perusahaan dan SMK3. Perusahaan harus memastikan bahwa semua bagian dari SMK3 juga mengatur cara perusahaan memastikan kebutuhan pelatihan yang diidentifikasi, diimplementasikan serta dimonitor untuk efektifitas di proyek. Budaya perusahaan dengan melibatkan secara aktif dari manajemen sangat penting bagi terciptanya perilaku dan kondisi lingkungan yang aman.

- f. Hubungan antara perencanaan awal (*preplanning*) dengan manajemen dan supervisi (*management and supervision*) terhadap peralatan kerja (*operasional equipment*)



Faktor peralatan kerja ditentukan oleh faktor perencanaan awal yang bertujuan agar peralatan kerja yang tersedia sesuai dengan standarisasi yang harus dipenuhi termasuk adanya sertifikasi dan kalibrasi. Keterlibatan manajemen & supervisi dilakukan melalui kegiatan inspeksi selama proyek berlangsung yang dilaksanakan oleh divisi khusus yang berkompeten untuk menilai dan mengevaluasi persoalan K3 pada proyek konstruksi berupa inspeksi terhadap kelengkapan ketersediaan APD, kedisiplinan pekerja dalam menggunakan APD, kondisi area proyek, kondisi peralatan, metode kerja, material konstruksi, pencahayaan, pengudaraan serta aspek lainnya yang dianggap dapat berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja di lokasi proyek. Perlunya pelatihan dalam menggunakan peralatan kerja dengan aman untuk operator sangat penting dilaksanakan, hal ini dikarenakan dalam menjalankan peralatan kerja utamanya alat berat harus dilakukan oleh operator yang terlatih dan memiliki SIO (Surat Ijin Operator), berpengalaman, serta kompeten dalam bidangnya. Kompetensi harus sejalan dengan persyaratan yang ditetapkan dalam *SHE Plan* proyek.

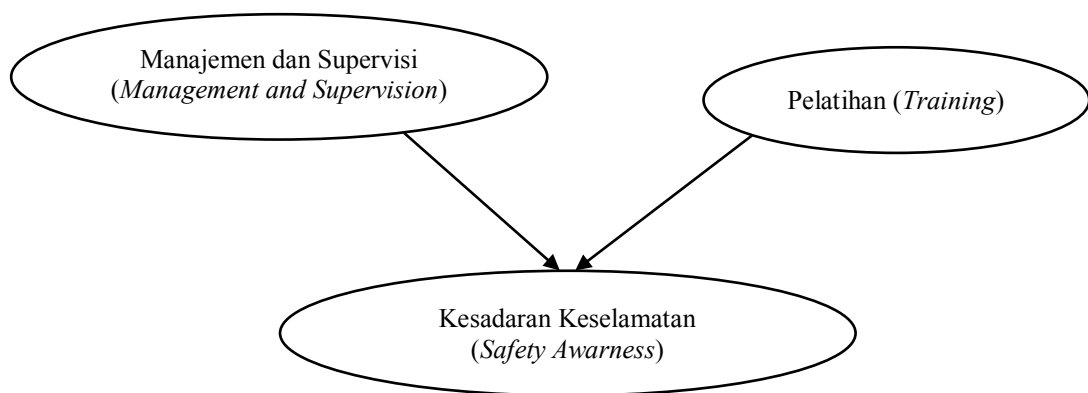
g. Hubungan antara perencanaan awal (*preplanning*), manajemen dan supervisi (*management and supervision*), dan pelatihan (*training*) terhadap peralatan keselamatan dan APD (*safety equipment and PPE*)



Faktor peralatan keselamatan dan APD ditentukan oleh faktor perencanaan awal, manajemen & supervisi dan pelatihan. Perencanaan awal diperlukan dalam menetapkan standar peralatan keselamatan fisik dan APD termasuk kegiatan mengidentifikasi sebagai bentuk konfirmasi kesesuaian peralatan dengan

sertifikasinya dengan pemberian simbol, ketersediaannya dalam memenuhi kebutuhan para pekerja konstruksi (volume kebutuhan peralatan dan APD harus ditentukan). Manajemen/supervisi diperlukan dalam kegiatan monitoring dan inspeksi fisik semua peralatan keselamatan kerja yang harus dipelihara dan diganti jika rusak atau masih dalam waktu kadaluarsa serta tingkat disiplin/kepatuhan pekerja dalam memakai peralatan keselamatan sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan termasuk pengambilan tindakan yang tegas dan tindakan peringatan yang diambil terhadap mereka yang tidak memenuhi. Pekerja site harus dilatih dalam penggunaan APD melalui pelatihan *dan tool box*. Pelatihan harus mencakup penggunaan dan tujuan dari APD.

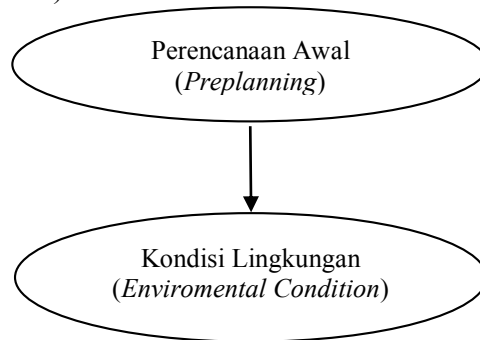
h. Hubungan antara manajemen dan supervisi (*management and supervision*), dan pelatihan (*training*) terhadap kesadaran akan keselamatan (*safety awarness*)



Faktor kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan kerja ditentukan oleh faktor manajemen supervisi dan pelatihan. Peningkatan kesadaran akan K3 dilakukan dengan penjagaan komitmen yang kuat dan perhatian yang besar terhadap aspek K3 baik dari sisi manajemen perusahaan maupun pekerja. Penjagaan komitmen tersebut melalui pengawasan dan disiplin dalam pemeriksaan secara seksama dan berkala terhadap tingkat kepatuhan karyawan dalam melaksanakan peraturan dan tugas termasuk pemeriksaan dan pengendalian lingkungan kerja. Kepedulian perusahaan kepada pekerja seperti adanya tanda peringatan dan tanda bahaya membuat para pekerja merasa lebih diperhatikan yang pada akhirnya akan meningkatkan motivasi dan kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan kerja terhadap dirinya maupun orang lain. Peranan faktor pelatihan sebagai sarana publikasi keselamatan kerja dengan pemberian informasi sebagai pengingat akan

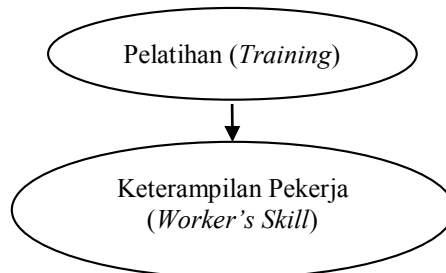
pentingnya keselamatan kerja bagi pekerja. Dengan melakukan *training* dan *briefing* secara berkala bagi para staf dan pekerja konstruksi sebelum kegiatan proyek dilaksanakan, menjadi pembekalan untuk membentuk suatu kebiasaan dan kesadaran dalam setiap menjalankan aktifitasnya sangat penting menerapkan konsep K3.

- i. Hubungan antara perencanaan awal (*preplanning*) terhadap kondisi lingkungan (*environmental condition*)



Lingkungan kerja adalah suatu lokasi atau tempat untuk melakukan aktifitas kegiatan atau pekerjaan. Suatu tempat atau lokasi kerja diupayakan dapat membuat pekerja merasa aman dan nyaman. Kondisi lingkungan yang mendukung diharapkan akan meningkatkan motivasi dalam bekerja. Faktor kondisi lingkungan ditentukan oleh faktor perencanaan awal dalam mengkondisikan lingkungan yang mendukung dan aman melalui kebijakan manajemen dalam menerapkan standar keselamatan meliputi penilaian kebisingan pada penggunaan *plant*, *tools*, dan *equipment*, bagi pekerja yang terpapar kebisingan lebih dari 85dB wajib diberi perlindungan pendengaran, meminimalisir peralatan getaran tinggi, merencanakan/mempersiapkan rencana darurat dalam menghadapi perubahan kondisi cuaca dan bahaya lingkungan (gempa, badai, banjir, tsunami).

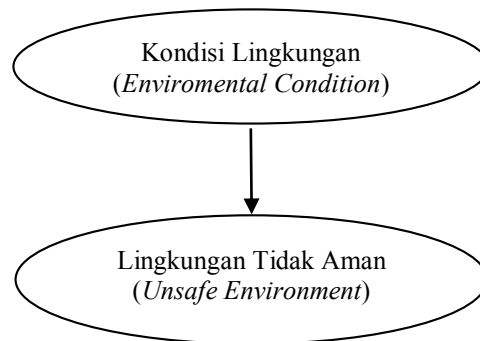
- j. Hubungan antara pelatihan (*training*) terhadap keterampilan pekerja (*worker's skill*)





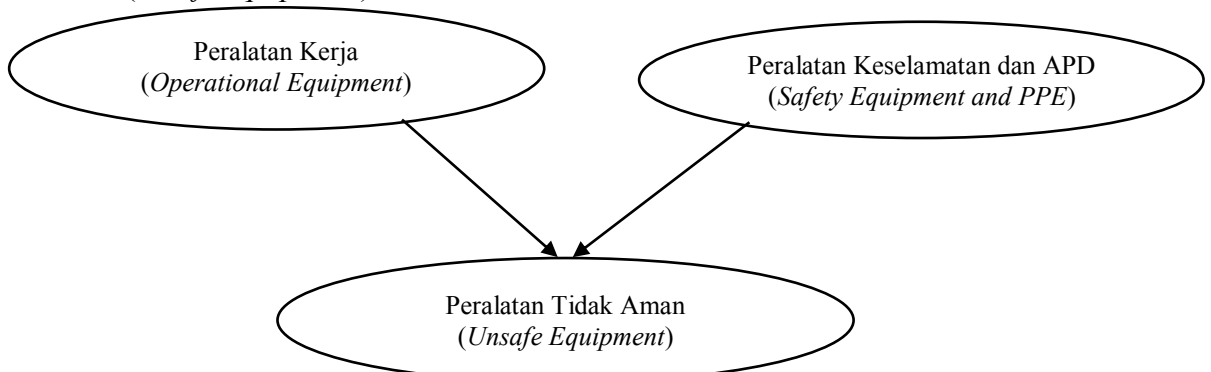
Dalam proyek konstruksi umumnya banyak mempekerjakan tenaga kerja dari berbagai latar belakang pendidikan dan keterampilan yang berbeda. Mengingat hal tersebut, maka diperlukan pelatihan untuk meningkatkan keterampilan pekerja yang tujuannya agar pekerja memahami dan mengerti bagaimana cara mengoperasikan dan menjalankan peralatan baik peralatan kerja maupun peralatan keselamatan dan APD, khususnya pekerja yang mempunyai resiko kecelakaan kerja yang cukup tinggi seperti bekerja diketinggian. Selain itu pelatihan dilakukan agar pekerja dapat melaksanakan pekerjaannya secara baik sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan oleh perusahaan.

k. Hubungan antara kondisi lingkungan (*enviromental condition*) terhadap lingkungan tidak aman (*unsafe enviromental*)



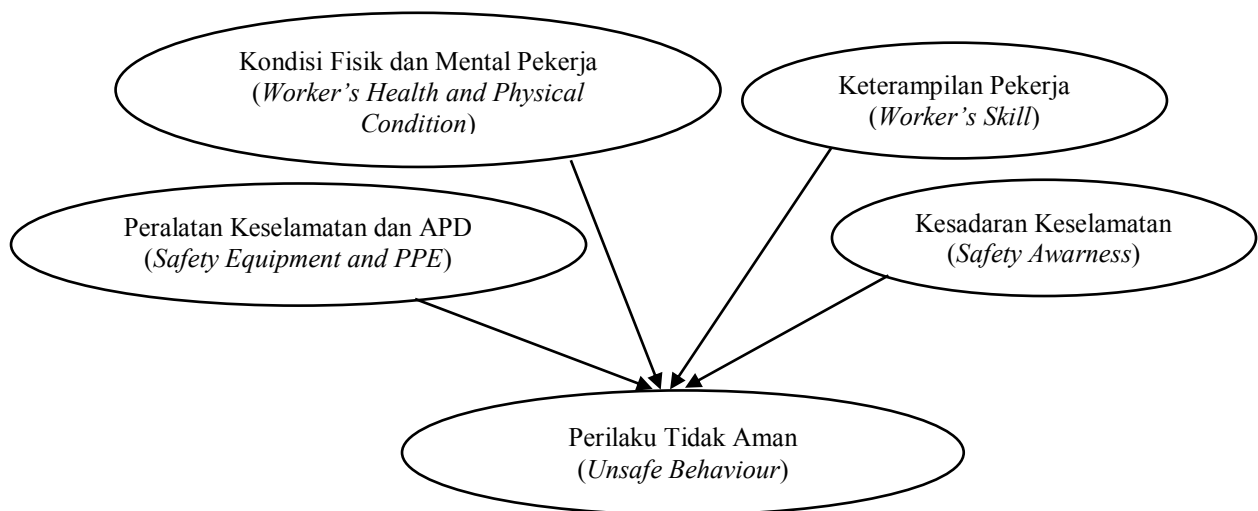
Lingkungan kerja yang kondusif dapat mendukung penerapan program keselamatan kerja dengan optimal dan dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja seperti penilaian kebisingan, pengaturan pencahayaan, penanganan material (*materal handling*), penetapan batasan paparan debu merupakan bentuk upaya mengkondisikan lingkungan yang aman dan nyaman bagi para pekerja.

l. Hubungan antara peralatan kerja (*operational equipment*), peralatan keselamatan dan APD (*safety equipment and PPE*) terhadap peralatan tidak aman (*unsafe equipment*)



Suatu peralatan sangat penting dirancang dengan keadaan baik dan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Seseorang yang bekerja di bawah tekanan mengambil risiko dengan menggunakan peralatan yang rusak dan lemah untuk memasang atau mendirikan struktur, sangat berpotensi terjadinya kecelakaan kerja.

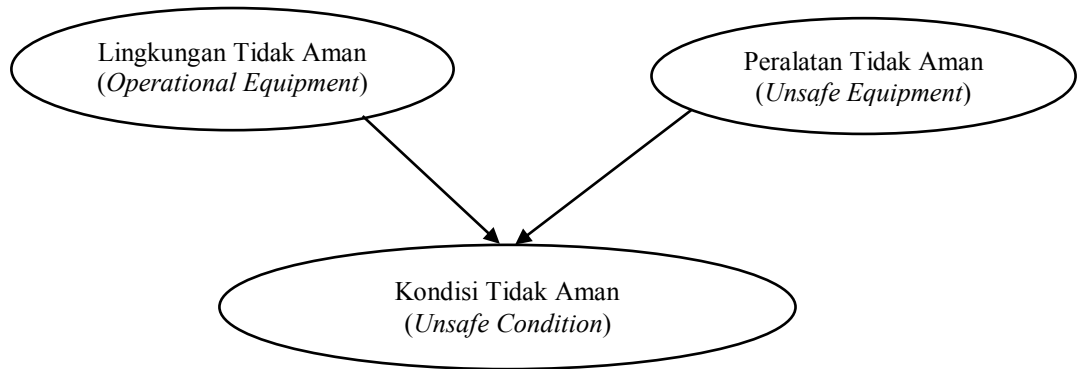
m. Hubungan antara peralatan keselamatan dan APD (*safety equipment and PPE*), kondisi fisik dan mental pekerja (*worker's physical and mental*), keterampilan pekerja (*worker's skill*), dan kesadaran keselamatan (*safety awarness*) terhadap perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*)



Faktor perilaku tidak aman pada pekerja dipengaruhi oleh faktor kondisi fisik dan mental, peralatan keselamatan dan APD, keterampilan pekerja, dan kesadaran akan pentingnya keselamatan kerja. Kemampuan fisik yang prima diperlukan agar seorang pekerja dapat melakukan pekerjaan dengan baik. Kondisi fisik yang melemah akibat beban kerja yang terlalu berat dapat mengakibatkan seorang pekerja menderita gangguan atau penyakit kerja. Kondisi peralatan keselamatan dan APD yang tidak sesuai standar dan ketersediaannya yang tidak mencukupi mengakibatkan pekerja bekerja dengan kondisi berisiko tinggi. Pekerja yang tidak terampil ditambah dengan tidak adanya pelatihan dalam menjalankan mesin maupun alat berat berakibat seorang pekerja tidak memahami cara mengoperasikan sesuai dengan standar K3 ditambah dengan kurangnya kepedulian dan kesadaran pekerja akan resiko bahaya pekerjaan yang dilakukan dan tidak

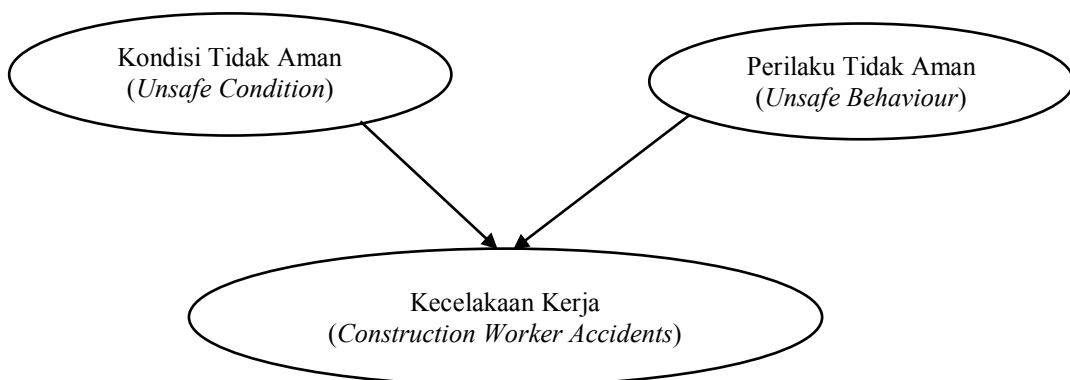
menganggap penting K3 berpotensi terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

- n. Hubungan antara lingkungan tidak aman (*unsafe environment*) dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*) terhadap kondisi tidak aman (*unsafe condition*)



Lingkungan yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi pekerja seperti penerangan yang tidak cukup, kebisingan yang mengganggu konsentrasi, asap dan debu yang terhisap yang dapat menimbulkan gangguan pernafasan sehingga dapat menurunkan daya produktivitas kerja. Peralatan kerja yang tidak tersertifikasi melalui uji berkala dan tidak sesuai standar menyebabkan kondisi alat tidak aman untuk dijalankan. Kondisi lingkungan yang tidak mendukung dan peralatan kerja yang tidak sesuai standar dapat mengakibatkan kondisi tidak aman.

- o. Hubungan antara kondisi tidak aman (*unsafe condition*) dan perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) terhadap kecelakaan kerja (*worker accident*)

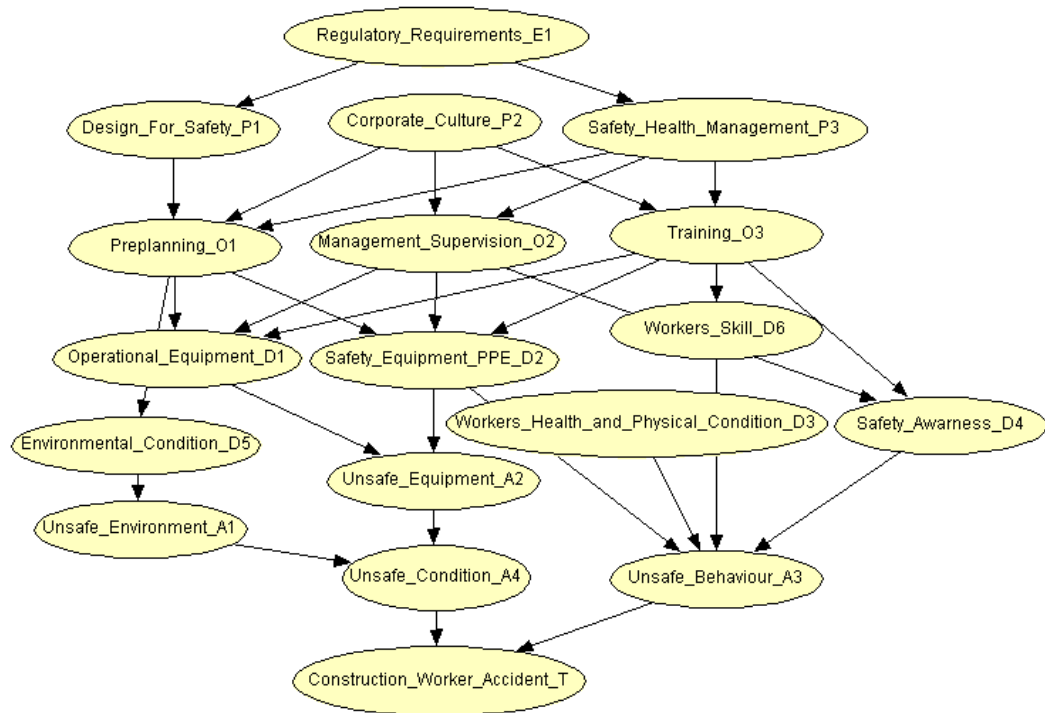


Kejadian kecelakaan kerja, tidak hanya diakibatkan oleh satu penyebab melainkan akibat dari kombinasi berbagai faktor yaitu 88% disebabkan oleh perilaku tidak aman dan 2% disebabkan oleh kondisi tidak aman.

### 4.3 Studi Kasus Aplikasi Model *BBN*

#### 4.3.1 Struktur Model *Bayesian Belief Networks (BBN)*

Struktur model *BBN* kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dari studi kasus aplikasi model *BBN* meliputi beberapa tahapan yaitu : a) menentukan faktor-faktor *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja yang diperoleh berdasarkan studi literatur. b) melakukan filterisasi faktor-faktor melalui studi literatur dengan peringkat faktor, survey, wawancara (*interview*), dan hasil pengisian kuesioner oleh *expert* (Manajer *HSE*). Skala pengukuran yang digunakan yaitu seberapa besar derajat pengaruhnya dengan skala poin 1 sampai dengan 5 serta pengolahan datanya menggunakan peringkat faktor dan nilai *Mean*. c) memperoleh faktor yang signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. d) menentukan hubungan antara faktor-faktor melalui studi literatur, survey, wawancara (*interview*) dan hasil pengisian kuesioner oleh *expert* (Manajer *HSE*). Skala pengukuran menggunakan skor 1 untuk berhubungan dan 0 untuk yang tidak berhubungan. dengan pengolahan data menggunakan matriks ketergantungan (*dependency matrix*). Analisa metode *BBN* dengan menggunakan *software Hugin Lite 8.6 free download* dengan mekanisme yaitu a) menggambarkan diagram hubungan antara faktor-faktor *unsafe behaviour*, *unsafe environment*, dan *unsafe equipment* yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. b) mengurutkan penyebab akibat antara faktor-faktor (*parent node* dan *child node*). c) memperkirakan dan menetapkan probabilitas bersyarat faktor-faktor (*conditional probability table*) yang selanjutnya memasukkan hasil penilaian probabilitas pada lembar kuesioner oleh *expert* (Manajer *HSE*). d) menghitung probabilitas kecelakaan kerja dengan menggunakan metode eliminasi variabel (*variable elimination*) melalui proses inferensi probabilitas yang menggunakan *software Hugin Lite 8.6 free download*. Model yang telah dibangun berdasarkan berdasarkan studi literatur, survey melalui wawancara (*interview*) ahli konstruksi dan kuesioner pada proyek konstruksi gedung dikembangkan dan disajikan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Model *BBN* berdasarkan Hubungan antara Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi  
(Sumber : Hasil Analisis, 2017)

Pada gambar 4.5, model *BBN* yang menyatakan hubungan antar faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Model yang telah dibangun kemudian diaplikasikan pada studi kasus proyek gedung apartemen di kota Surabaya untuk validasi model.

Untuk menentukan nilai probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi menggunakan *software Bayes*. *Software* bekerja dengan menggunakan teori probabilitas bersyarat yang merupakan rumus dasar *bayes*. Rumus matematika untuk model kecelakaan kerja pada proyek konstruksi pada gambar menggunakan teori probabilitas bersyarat adalah :

$$P(E_1, P_1, P_2, P_3, O_1, O_2, O_3, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, A_1, A_2, A_3, A_4, T) = \sum_{E_1, P_1, P_2, P_3, O_1, O_2, O_3, D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, A_1, A_2, A_3, A_4, T} P(E_1) * P(P_2) * P(D_3) * P(P_1 | E_1) * P(P_3 | E_1) * P(O_1 | P_1, P_2, P_3) * P(O_2 | P_2, P_3) * P(O_3 | P_2, P_3) * P(D_1 | O_1, O_2, O_3) * P(D_2 | O_1, O_2, O_3) * P(D_6 | O_3) * P(D_5 | O_1) * P(D_4 | O_2, O_3) * P(A_1 | D_5) * P(A_2 | D_1, D_2) * P(A_3 | D_2, D_3, D_4, D_6) * P(A_4 | A_1, A_2) * P(T | A_3, A_4).$$

#### 4.3.2 Deskripsi Singkat Studi Kasus

Informasi singkat tentang proyek gedung sebagai studi kasus untuk memvalidasi model *BBN* dipaparkan pada tabel 4.3. Proyek gedung A yaitu proyek pembangunan apartemen One Galaxy dengan kontraktor pelaksana PT. Tatamulia Nusantara Indah, proyek gedung B yaitu proyek pembangunan apartemen Gunawangsa Tidar dengan kontraktor pelaksana PT. Pembangunan Perumahan (Persero), Tbk, proyek gedung C yaitu proyek pembangunan apartemen Puncak CBD (*Central Bussiness Distric*) dengan kontraktor pelaksana PT. Wijaya Karya Gedung (Persero), Tbk, proyek gedung D yaitu proyek pembangunan apartemen Praxis dengan kontraktor pelaksana PT. Nusa Raya Cipta. Selanjutnya informasi data mengenai proyek konstruksi gedung disajikan pada Lampiran 6.

Tabel 4.3 Deskripsi Singkat Kasus Proyek Gedung A, B, C, dan D

Deskripsi	Proyek A	Proyek B	Proyek C	Proyek D
Jenis Proyek	Gedung Apartemen	Gedung Apartemen	Gedung Apartemen	Gedung Apartemen
Pemilik Proyek	Swasta	Pemerintah	Pemerintah	Swasta
Lingkup Proyek	50 lantai	38 lantai	55 lantai	40 lantai
Waktu Pelaksanaan	3 tahun	3 tahun	3 tahun	3 tahun
Nilai Kontrak	Rp. 1,400 T	Rp. 480 M	Rp 1,200 T	Rp. 600 M

Sumber : Data Sekunder, 2017

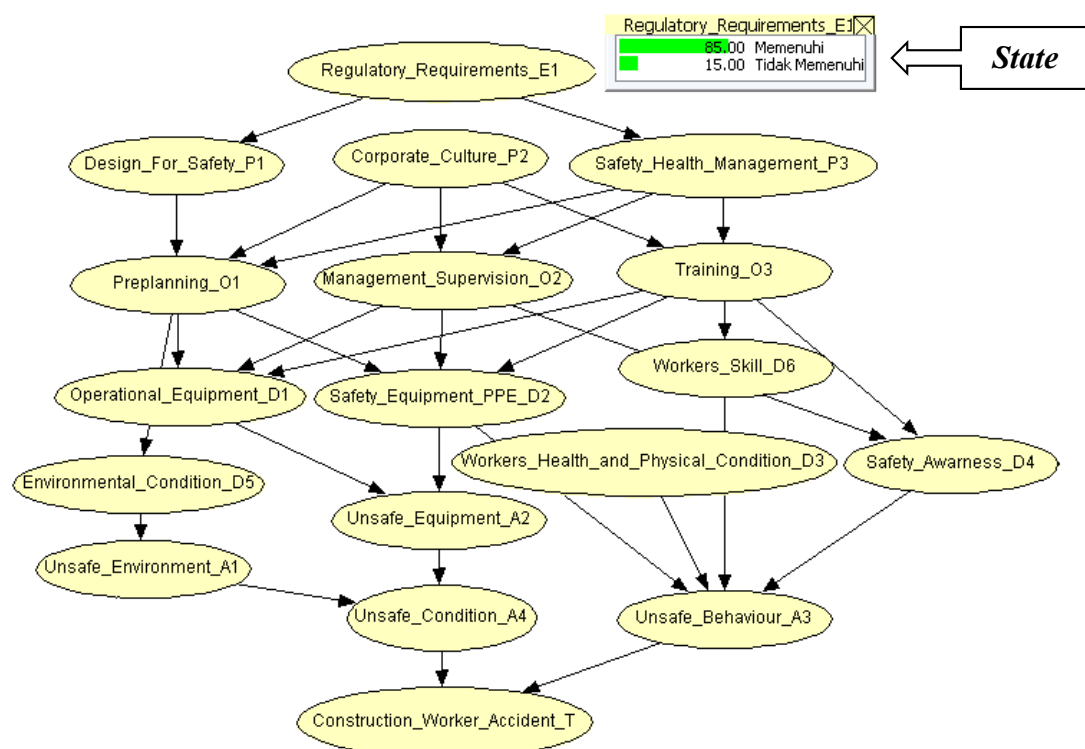
Berdasarkan data aktual kecelakaan kerja keluaran dari proyek konstruksi gedung A probabilitas terjadinya kecelakaan kerja yang disebabkan oleh faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) sebesar 76% dengan penyebab pekerja kurang terlatih, sedangkan faktor kondisi tidak aman (*unsafe condition*) sebesar 24% dengan penyebab konstruksi tidak aman/desain keselamatan tidak menjamin.

### 4.3.3 Aplikasi Model pada Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung untuk Kecelakaan Kerja

Model yang telah dibangun berdasarkan konsep kemudian diaplikasikan ke beberapa kasus proyek konstruksi gedung. Aplikasi model pada proyek konstruksi gedung A, B, C, dan D. Aplikasi model untuk proyek konstruksi gedung A disajikan sebagai berikut :

#### 4.3.3.1 Tahapan *Bayesian Belief Networks (BBN)*

Dari hubungan antara faktor signifikan yang terbentuk pada gambar 4.5, maka probabilitas setiap faktor ditentukan melalui data kuesioner dan wawancara (*interview*) ahli konstruksi dengan mengisi lembaran kuesioner yang disajikan pada Lampiran 3 dan pengisian nilai probabilitas (*prior*) untuk *state* setiap faktor dilakukan berdasarkan data primer (survey atau kuesioner). Contoh pengisian probabilitas (*prior*) faktor persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) dengan *state* "memenuhi" dan "tidak memenuhi" pada *software Hugin Lite 8.6*. dipaparkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengisian probabilitas (*prior*) faktor persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) dengan *Software Hugin Lite 8.6* (Hasil Analisis, 2017)

Pengisian nilai probabilitas (*prior*) untuk state setiap faktor dilakukan berdasarkan data primer (survey atau kuesioner). Contoh pengisian nilai probabilitas (*prior*) untuk memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A adalah :

- 1) Persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "memenuhi = 0,85", dan "tidak memenuhi = 0,15".
- 2) Desain keselamatan (*design for safety*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "menjamin = 0,95", dan "tidak menjamin = 0,05".
- 3) Budaya perusahaan (*corporate culture*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "mendukung = 0,60", dan "tidak mendukung = 0,40".
- 4) Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "efektif = 0,95", dan "tidak efektif = 0,05".
- 5) Perencanaan awal (*Preplanning*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "efektif = 0,80", dan "tidak efektif = 0,20".
- 6) Manajemen/Supervisi (*Management and Supervision*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "proaktif = 0,80", dan "reaktif = 0,20".
- 7) Pelatihan (*Training*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "relevan = 0,80", dan "tidak relevan = 0,20".
- 8) Peralatan kerja (*Operational equipment*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "sesuai standar = 0,85", dan "tidak sesuai standar = 0,15".
- 9) Peralatan keselamatan dan APD (*Safety equipment and PPE*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "menggunakan = 0,90", dan "tidak menggunakan = 0,10".
- 10) Kondisi fisik dan mental pekerja (*Worker's physical and mental condition*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "sehat = 0,80", dan "tidak sehat = 0,20".
- 11) Kesadaran keselamatan (*Safety awarness*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "tinggi = 0,80", dan "rendah = 0,20".
- 12) Keterampilan pekerja (*Worker's skill*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "kompeten = 0,70", dan "tidak kompeten = 0,30".
- 13) Kondisi lingkungan (*Environment condition*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "mendukung = 0,70", dan "tidak mendukung = 0,30".
- 14) Lingkungan tidak aman (*Unsafe environment*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "lingkungan aman = 0,70", dan "lingkungan tidak aman = 0,30".
- 15) Peralatan tidak aman (*Unsafe equipment*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "peralatan aman = 0,80", dan "peralatan tidak aman = 0,20".
- 16) Perilaku tidak aman (*Unsafe behaviour*) berdasarkan data primer (kuesioner) state "perilaku aman = 0,80", dan "perilaku tidak aman = 0,20".
- 17) Kondisi tidak aman (*Unsafe*



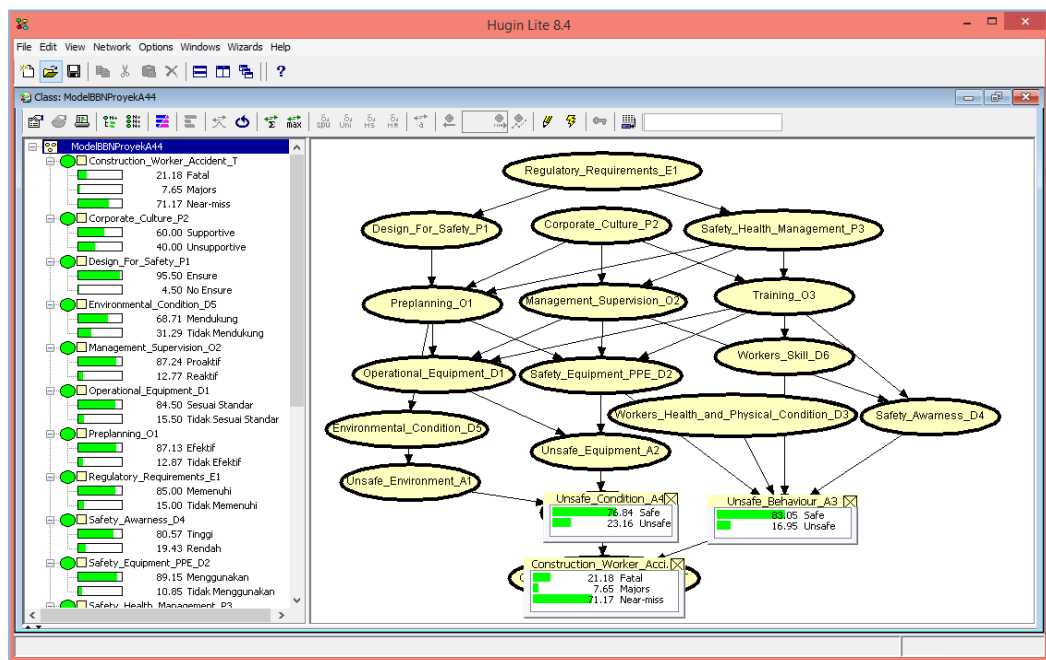
*condition*) berdasarkan data primer (kuesioner) *state* ”kondisi lingkungan dan peralatan aman = 0,80”, dan ”kondisi lingkungan dan peralatan yang tidak aman = 0,20”. 18) Kecelakaan kerja (*Construction worker accident*) berdasarkan data primer (kuesioner) *state* ”fatal = 0,2118”, ”berat = 0.0765”, dan ”ringan = 0.712”. Pengisian nilai probabilitas (*prior*) untuk *state* setiap faktor pada proyek konstruksi gedung A, B, C, dan D disajikan secara lengkap pada Lampiran 4.

#### 4.3.2.1 Tahapan Prediksi Kecelakaan Kerja pada Proyek Konstruksi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh *unsafe factors* yang meliputi perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*), peralatan tidak aman (*unsafe equipment*), dan lingkungan tidak aman (*unsafe environment*) terhadap terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi maka aplikasi model juga dilakukan dengan mencoba membandingkan prediksi kecelakaan kerja terhadap kondisi *realtime*.

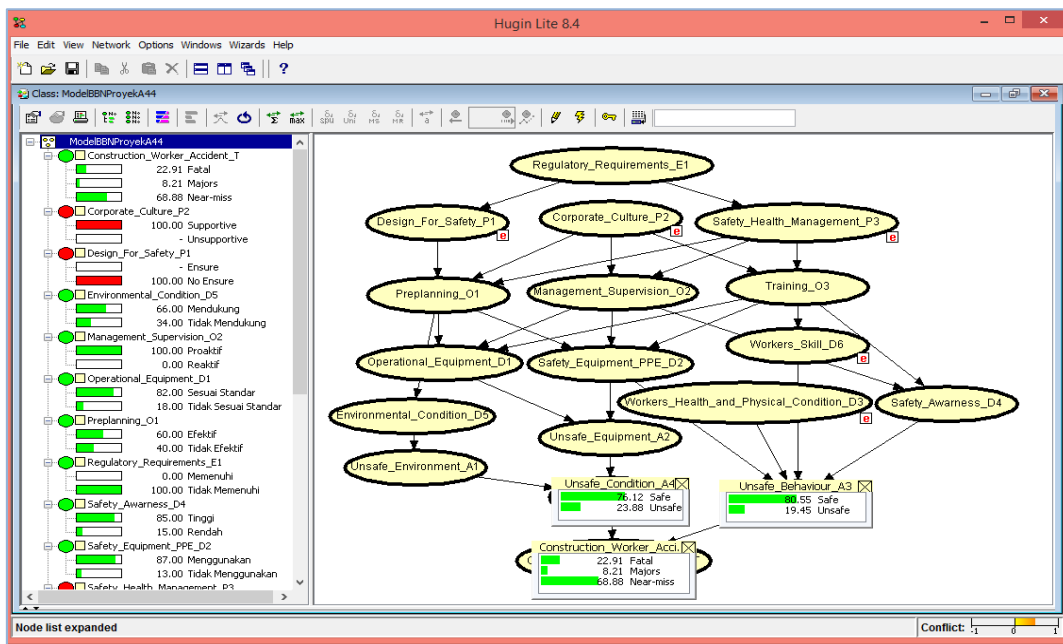
##### 1. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A

Prediksi kecelakaan kerja dengan asumsi bahwa hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja dari awal sampai akhir prediksi dianggap tetap. Hasil prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A disajikan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A Berdasarkan Model Prediksi BBN (Hasil Analisis, 2017)

Dari hasil pengisian nilai probabilitas pada lembaran kuesioner yang disajikan dalam bentuk CPT (*Conditional Probability Table*) oleh Manajer HSE (*expert*) maka diperoleh nilai *prior* setiap *state* pada faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Selanjutnya melalui proses inferensi dengan menggunakan program *Bayes* pada *software Hugin Lite 8.6 free download*, maka diperoleh probabilitas perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) sebesar 0,1695 dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*) sebesar 0,2316 yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,2118; berat sebesar 0,0765; dan ringan sebesar 0,7117.

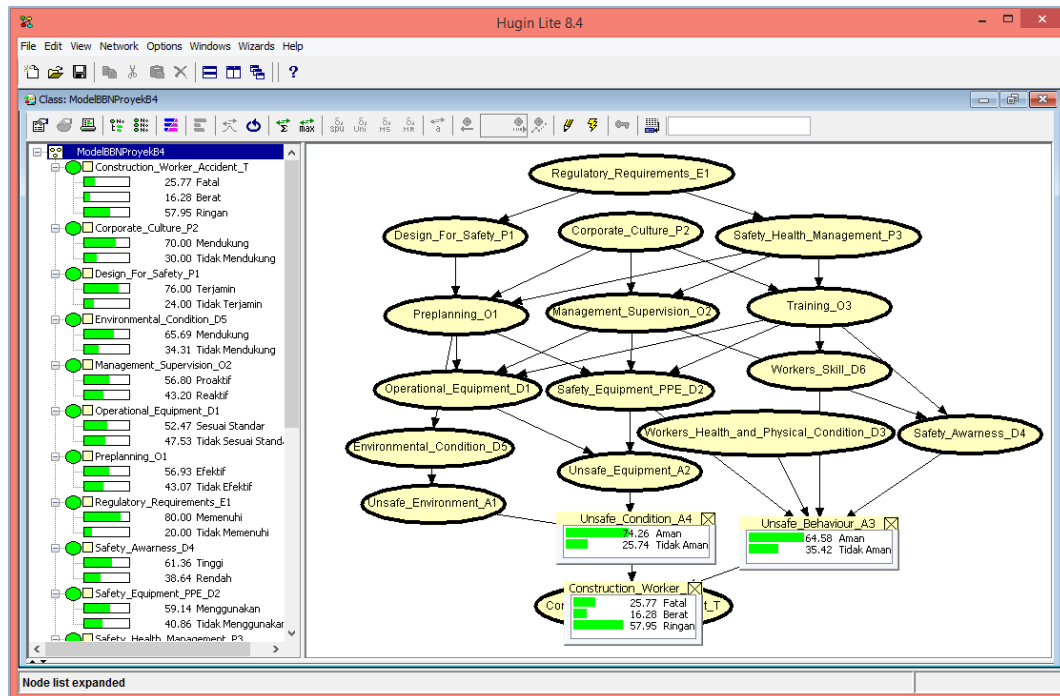


Gambar 4.8 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A Berdasarkan Kondisi *Realtime* (Hasil Analisis, 2017)

Untuk kepentingan validasi model, maka hasil model prediksi dibandingkan dengan kondisi *realtime* di lapangan. Dengan periode waktu yang sama pada saat pembuatan model prediksi dimana kondisi aktual yang terjadi di lapangan menunjukkan penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A dikarenakan pekerja kurang terlatih dan konstruksi yang tidak aman/desain keselamatan yang tidak memadai/tidak menjamin. Pada gambar 4.8 menunjukkan bahwa berdasarkan hasil data *realtime* kondisi yang terjadi dilapangan, maka diperoleh nilai probabilitas kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,2291; berat sebesar 0,0821; dan kategori ringan sebesar 0,688.

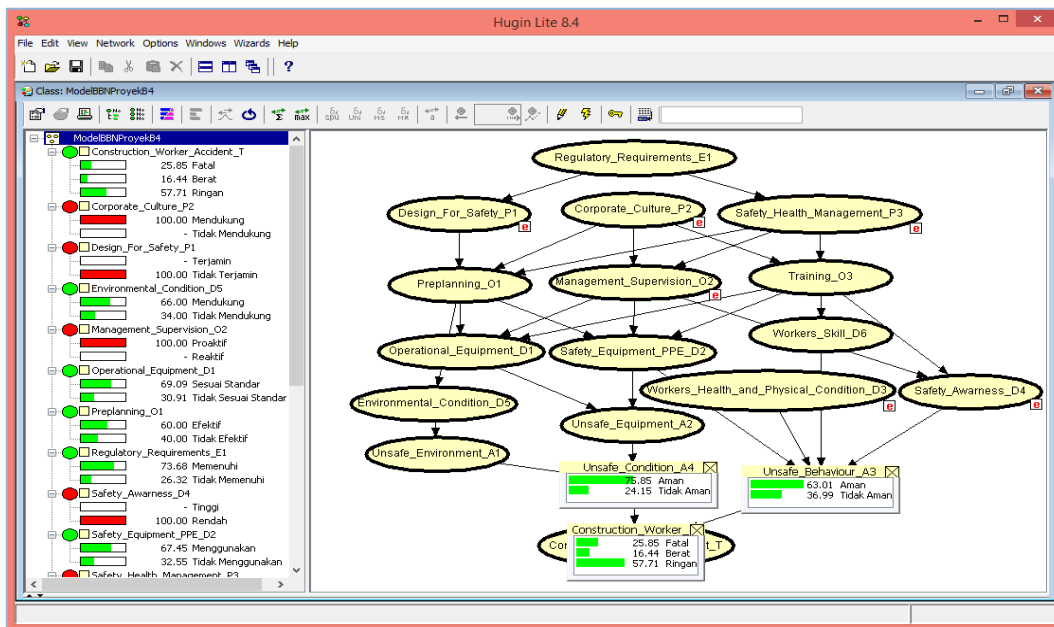
## 2. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B

Pada gambar 4.9 memperlihatkan model prediksi *BBN* untuk proyek konstruksi gedung B probabilitas perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) sebesar 0,3542 dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*) sebesar 0,2574 yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,2577; berat sebesar 0,1628; dan ringan sebesar 0,5795.



Gambar 4.9 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B Berdasarkan Model Prediksi *BBN* (Hasil Analisis, 2017)

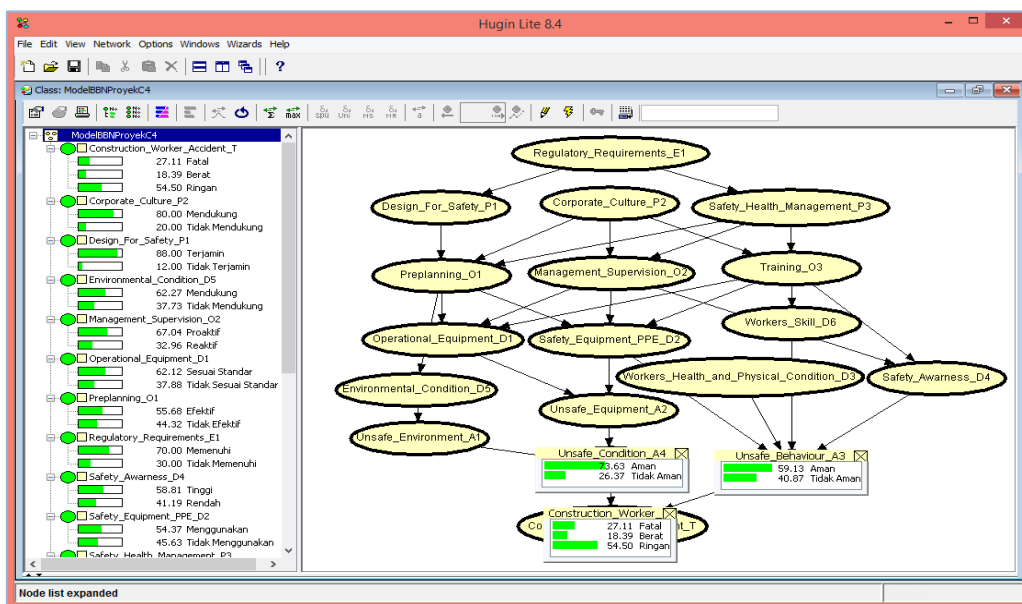
Kondisi *realtime* yang terjadi di lapangan menunjukkan penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung B dikarenakan pekerja kurang perhatian/kurang menyadari pentingnya keselamatan kerja, pekerja tersayat benda tajam dan terkena benda jatuh/desain keselamatan yang tidak memadai/tidak menjamin. Pada gambar 4.10 menunjukan bahwa berdasarkan hasil data *realtime* kondisi yang terjadi dilapangan, maka nilai probabilitas kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,2585; berat sebesar 0,1644; dan kategori ringan sebesar 0,5771.



Gambar 4.10 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B Berdasarkan Kondisi *Realtime* (Hasil Analisis, 2017)

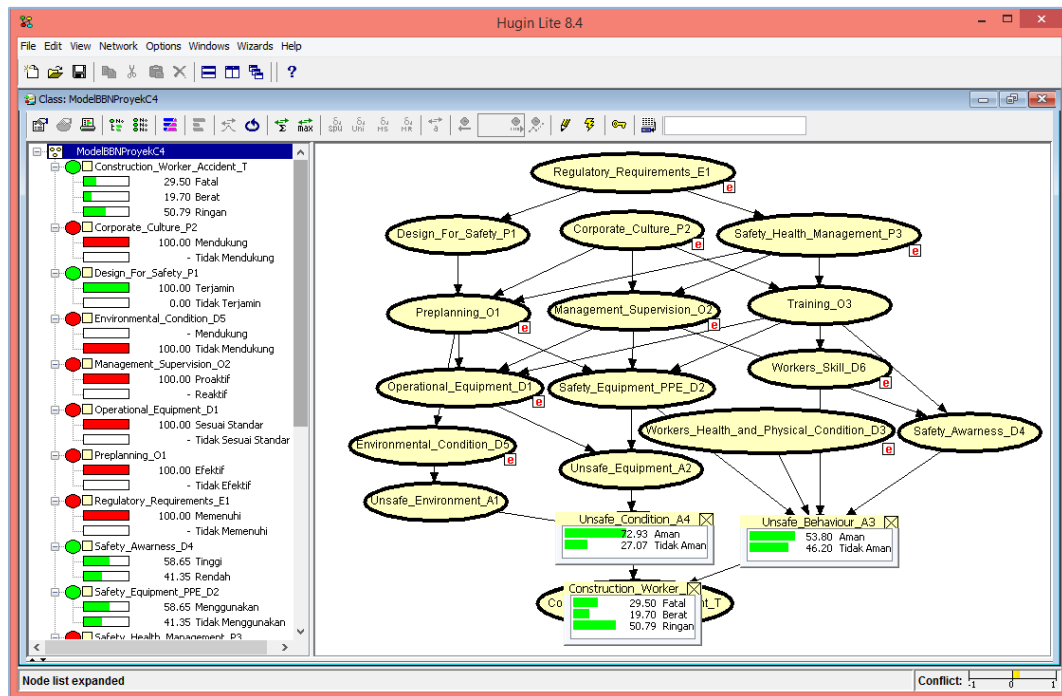
### 3. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C

Pada gambar 4.11 memperlihatkan model prediksi BBN untuk proyek konstruksi gedung C probabilitas perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) sebesar 0,4087 dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*) sebesar 0,2637 yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,2711, berat sebesar 0,1839; dan ringan sebesar 0,545.



Gambar 4.11 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C Berdasarkan Model Prediksi *BBN* (Hasil Analisis, 2017)

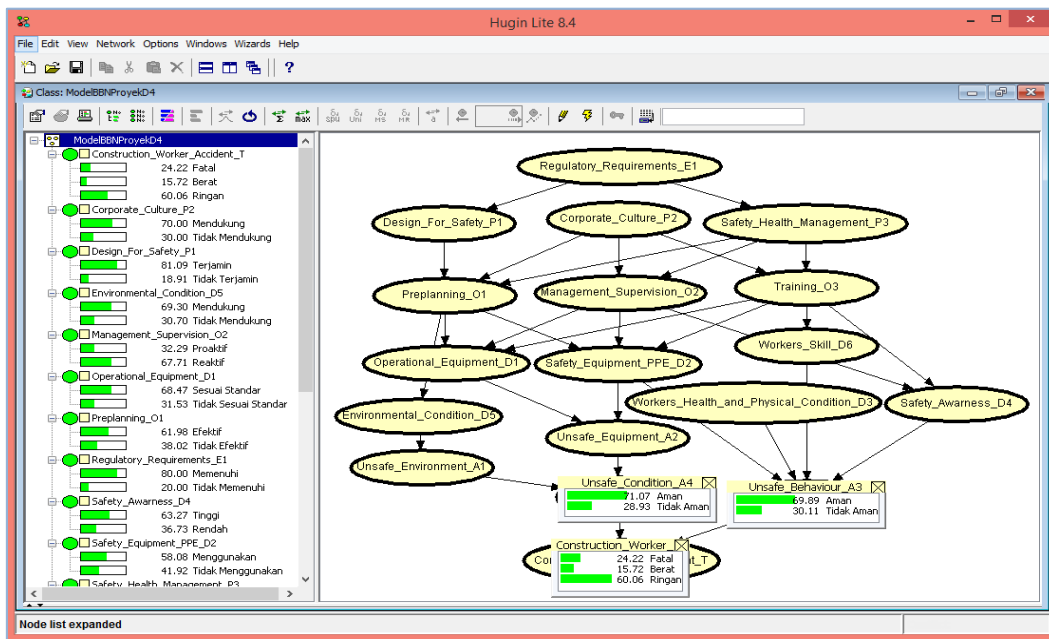
Kondisi *realtime* yang terjadi di lapangan menunjukkan penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung C dikarenakan pekerja dalam kondisi fisik dan mental yang lemah dan kondisi lingkungan sirkulasi udara dan penerangan yang kurang memadai. Pada gambar 4.12 menunjukkan bahwa berdasarkan hasil data *realtime* kondisi yang terjadi dilapangan, maka nilai probabilitas kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,295; berat sebesar 0,197; dan kategori ringan sebesar 0,5079.



Gambar 4.12 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C Berdasarkan Kondisi *Realtime* (Hasil Analisis, 2017)

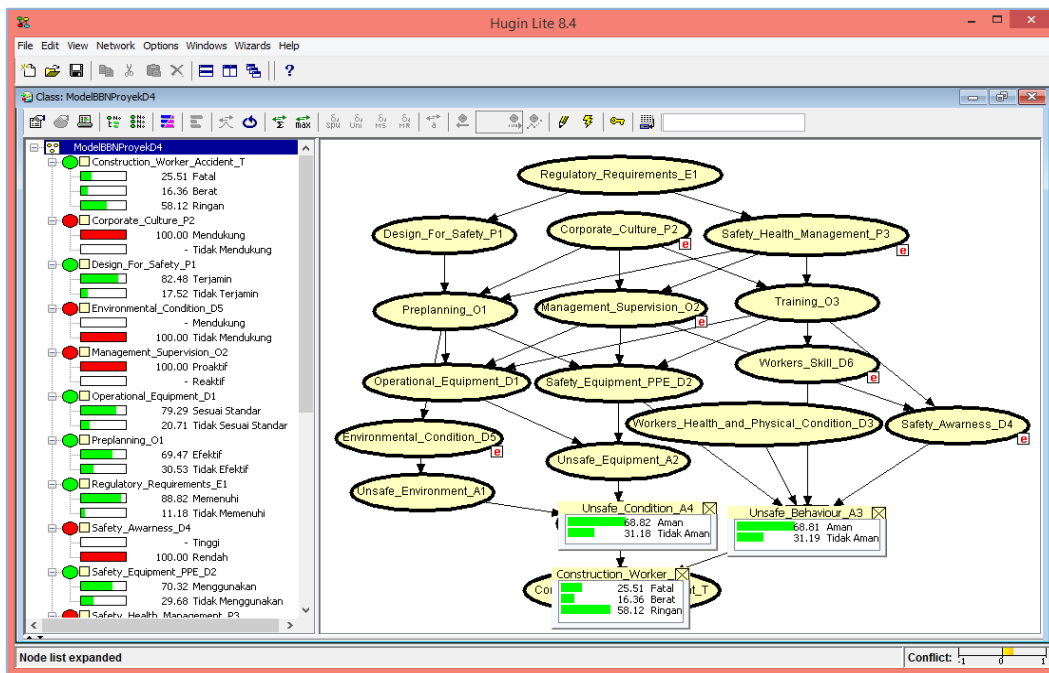
#### 4. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D

Model prediksi *BBN* untuk proyek konstruksi gedung D pada gambar 4.13 menunjukkan probabilitas perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*) sebesar 0,7810 dan kondisi tidak aman (*unsafe condition*) sebesar 0,2022 yang menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,0479; berat sebesar 0,1306; sedang sebesar 0,2932; dan ringan sebesar 0,5282. Data *realtime* yang terjadi di lapangan menunjukkan penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung D dikarenakan pekerja kurang peduli dan lingkungan kerja (tekanan udara, getaran, bising, licin) yang kurang memadai.



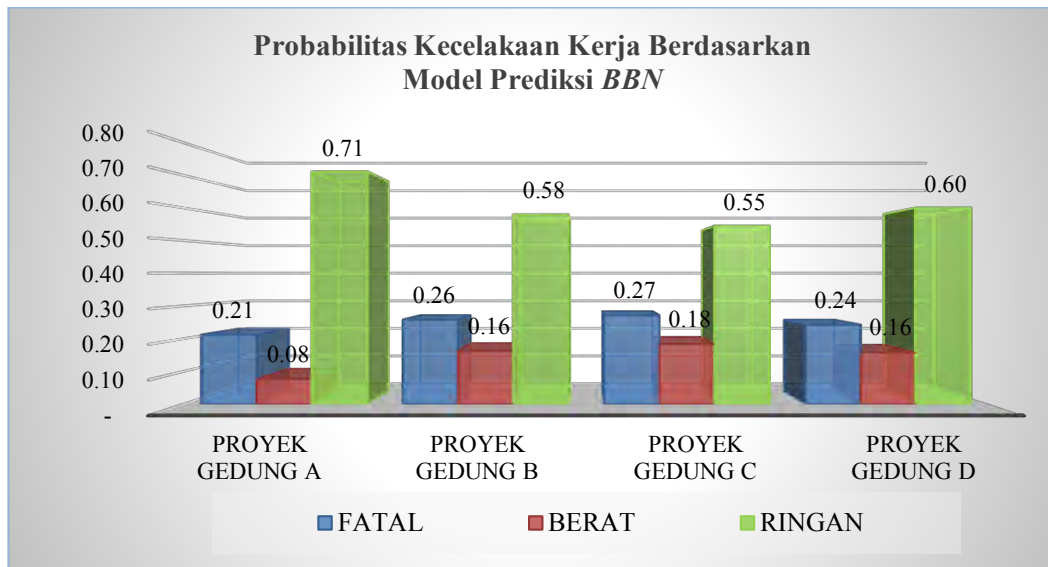
Gambar 4.13 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D Berdasarkan Model Prediksi BBN (Hasil Analisis, 2017)

Pada gambar 4.14 menunjukan bahwa berdasarkan hasil data *realtime* kondisi yang terjadi dilapangan, maka nilai probabilitas kecelakaan kerja dengan kategori fatal sebesar 0,2551; berat sebesar 0,1636; dan kategori ringan sebesar 0,5812.



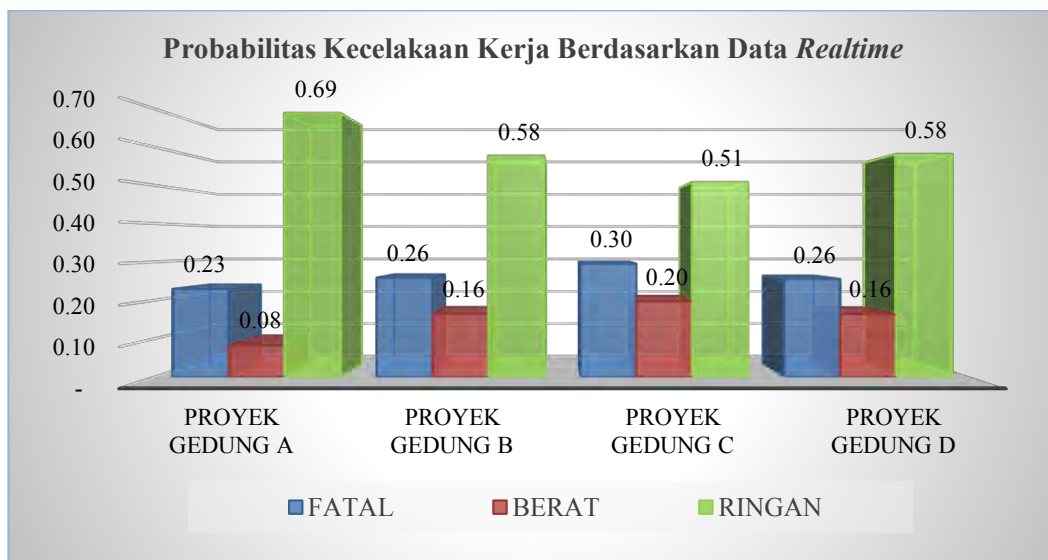
Gambar 4.14 Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D Berdasarkan Kondisi *Realtime* (Hasil Analisis, 2017)

Pada gambar 4.15 dan 4.16 memperlihatkan hasil model prediksi *BBN* dan hasil data aktual (*realtime*) kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A, B, C, dan D dengan pembagian kategori fatal, berat, dan ringan.



Gambar 4.15 Hasil Probabilitas Kecelakaan Kerja Berdasarkan Model Prediksi *BBN* pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D

Hasil model prediksi *BBN* diperoleh berdasarkan pengisian nilai probabilitas (*prior*) oleh Manajer *SHE* (*expert*). Terlihat dari gambar tersebut probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A untuk kategori fatal sebesar 0,23; berat sebesar 0,08; dan ringan sebesar 0,71.



Gambar 4.16 Hasil Probabilitas Kecelakaan Kerja Berdasarkan Data *Realtime* pada Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D



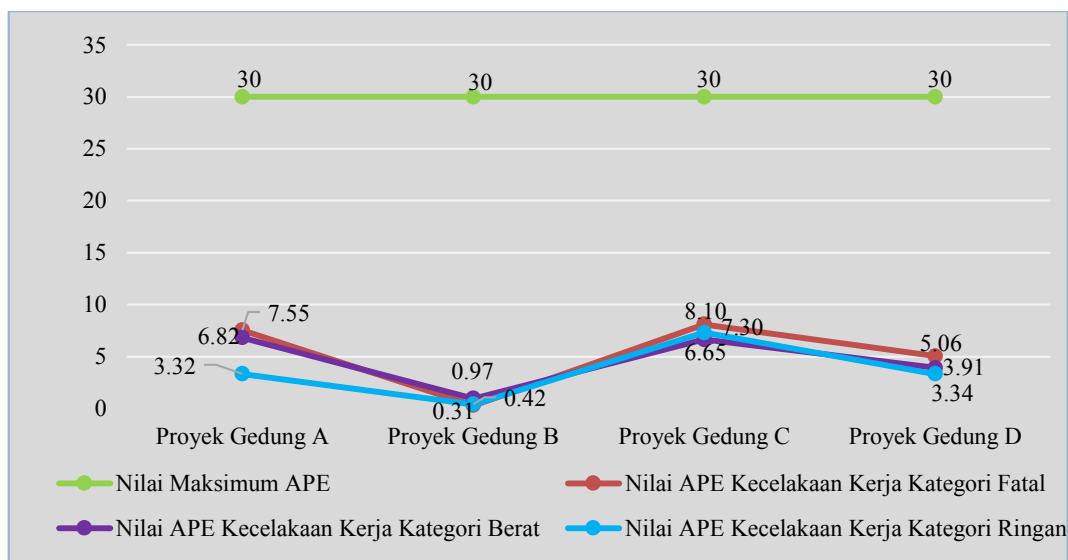
Berdasarkan data aktual (*realtime*) untuk proyek konstruksi gedung A menunjukkan probabilitas kecelakaan kerja untuk kategori fatal sebesar 0,22; berat sebesar 0,08; dan kategori ringan sebesar 0,68.

#### 4.3.3.3 Validasi Model

Pengukuran akurasi model dapat dihitung dengan menggunakan formula statistik *Absolute Percentage Error* (APE) , yaitu :

$$APE = \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} \right| \times 100$$

Dimana  $\hat{y}_t$  = nilai prediksi sampai dengan Desember tahun 2016,  $y_t$  = nilai aktual/real sampai dengan Desember tahun 2016,  $t$  = periode prediksi/peramalan sampai dengan Desember tahun 2016. Jika nilai  $APE \leq 30$ , maka model prediksi akurat/layak untuk digunakan.



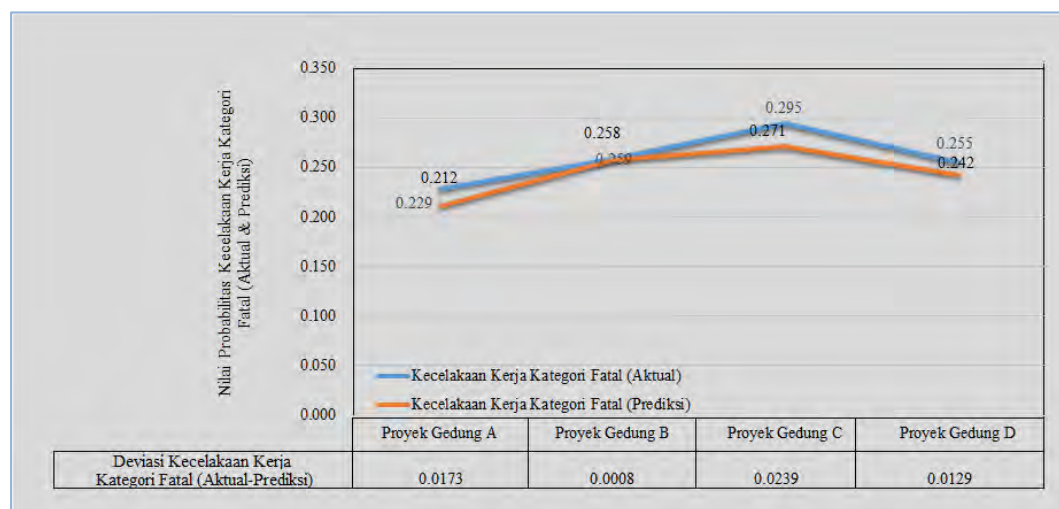
Gambar 4.17 Hasil Perhitungan *APE* untuk Validasi Model Proyek Konstruksi Gedung A, B, C, dan D

Pada gambar 4.17 menggambarkan hasil perhitungan nilai *APE* dengan membandingkan data aktual pada tiap-tiap proyek konstruksi terhadap hasil model prediksi *BBN*. Dari hasil analisa data menunjukkan nilai *APE* kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A dengan kategori fatal sebesar 7,55; berat sebesar 6,82; dan ringan sebesar 3,32 yang memberi makna bahwa hasil prediksi kecelakaan kerja untuk proyek gedung A akurat/layak, karena nilai  $APE \leq 30$ .



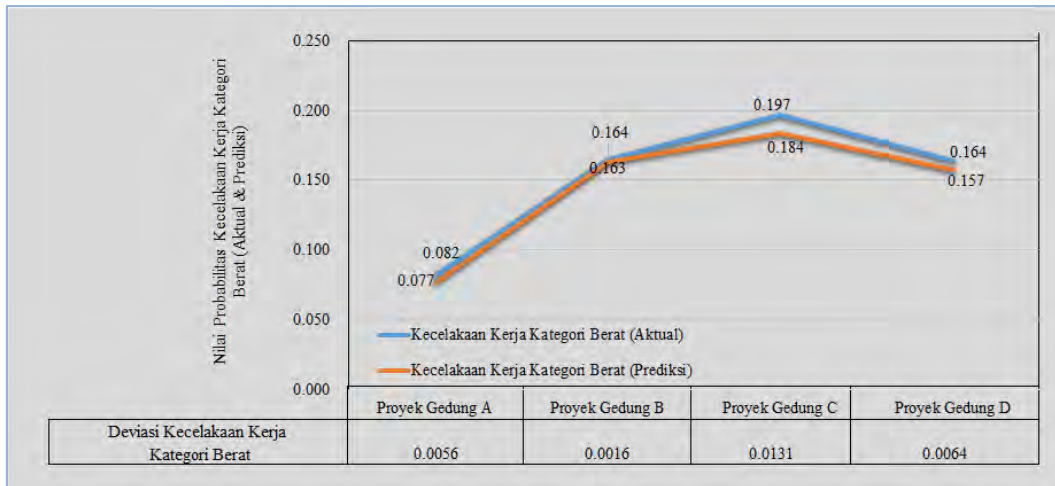
#### 4.3.3.4 Analisa Deviasi ( $\Delta$ )

Analisa deviasi (penyimpangan) dilakukan untuk menghitung deviasi ( $\Delta$ ) antara nilai probabilitas antara aktual terhadap prediksi model *BBN*. Hasil perhitungan deviasi disajikan secara lengkap pada gambar 4.18 sampai dengan 4.20, menunjukkan nilai prediksi model *BBN* mendekati nilai aktual.



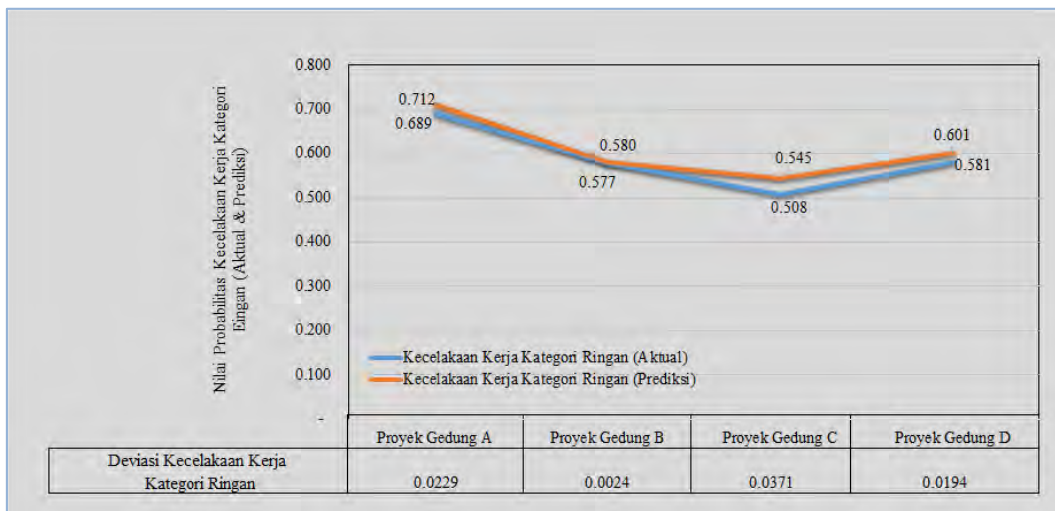
Gambar 4.18 Hasil Perhitungan Deviasi ( $\Delta$ ) Faktor Kecelakaan Kerja untuk Kategori Fatal pada Proyek Gedung A, B, C, dan D

Pada gambar 4.18 menunjukkan hasil perhitungan deviasi untuk faktor kecelakaan kerja. Hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan membandingkan antara hasil penilaian *expert* dengan model prediksi *BBN*. Terlihat pada gambar tersebut nilai deviasi antara probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A dengan kategori fatal berdasarkan data aktual dan model prediksi sebesar 0,0173. Hal tersebut mengindikasikan nilai model prediksi mendekati nilai aktual data keluaran proyek konstruksi. Pada gambar 4.19 menunjukkan hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan membandingkan antara hasil penilaian *expert* dengan model prediksi *BBN*. Pada gambar 4.19 menunjukkan hasil perhitungan tersebut diperoleh dengan membandingkan antara hasil penilaian *expert* dengan model prediksi *BBN*. Terlihat pada gambar tersebut nilai deviasi antara probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A dengan kategori berat berdasarkan data aktual dan model prediksi sebesar 0,0056. Hal tersebut mengindikasikan nilai model prediksi mendekati nilai aktual data keluaran proyek konstruksi.



Gambar 4.19 Hasil Perhitungan Deviasi ( $\Delta$ ) Faktor Kecelakaan Kerja untuk Kategori Berat pada Proyek Gedung A, B, C, dan D

Dari gambar 4.20 disajikan nilai probabilitas kecelakaan kerja kategori ringan pada proyek konstruksi gedung A, B, C, dan D.



Gambar 4.20 Hasil Perhitungan Deviasi ( $\Delta$ ) Faktor Kecelakaan Kerja untuk Kategori Ringan pada Proyek Gedung A, B, C, dan D

Untuk probabilitas kecelakaan kerja pada proyek konstruksi gedung A berdasarkan kategori ringan berdasarkan hasil model prediksi BBN sebesar 0,712 dan berdasarkan data aktual sebesar 0,689. Selanjutnya dilakukan perhitungan deviasi yang menunjukkan hasil sebesar 0,0229 dan memberikan arti hasil model prediksi mendekati data aktual proyek konstruksi.

#### 4.4 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *APE* untuk proyek konstruksi gedung A,B, dan C, maka nilai rata-rata *APE* untuk keempat proyek konstruksi gedung tersebut akurat/layak dengan nilai  $APE \leq 30$ . Nilai rata-rata *APE* untuk keempat proyek konstruksi gedung disajikan pada tabel 4.4 Tabel 4.4 menunjukkan nilai rata-rata *APE* untuk keempat proyek konstruksi.

Tabel 4.4 Nilai Rata-rata *APE* pada Proyek Konstruksi Gedung A,B,C, dan D

Nama Proyek	Proyek A	Proyek B	Proyek C	Proyek D	<i>APE Mean</i>
Nilai <i>APE</i> Kecelakaan Kerja Kategori Fatal	7,55	0,31	8,10	5,06	5,41
Nilai <i>APE</i> Kecelakaan Kerja Kategori Berat	6,82	0,97	6,65	3,91	4,56
Nilai <i>APE</i> Kecelakaan Kerja Kategori Ringan	3,33	0,42	7,30	3,34	3,61
Rata-rata <i>APE</i>	5,89	0,56	7,35	4,10	4,48
Tingkat Keakuratan (%)	80,34	98,11	75,49	86,33	85,07

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Pada tabel 4.4, nilai rata-rata *APE* pada keempat proyek konstruksi gedung menghasilkan nilai rata-rata  $APE \leq 30$ , yang memiliki makna bahwa model prediksi yang digunakan untuk memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi adalah akurat. Tingkat keakuratan model prediksi untuk keempat proyek tersebut adalah sebesar 85,07%. Tingkat keakuratan rata-rata menggambarkan secara nyata bahwa nilai prediksi kecelakaan kerja dengan model *BBN* mendekati probabilitas aktual yang dikeluarkan oleh proyek konstruksi.

Validasi model yang telah dilakukan pada studi kasus proyek konstruksi *high rise building* yang berfungsi sebagai hunian/apartemen dengan jumlah lantai > 20 lantai dan validasi model dengan menggunakan struktur model *BBN*. Metode prediksi yang dipergunakan adalah metode *Bayesian Belief Networks (BBN)*. Struktur model *BBN* merupakan salah satu metode yang dapat mengukur dan memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Selain itu, model tersebut dapat memberikan hasil prediksi secara akurat, dapat diperbarui (*diupdate*) sesuai dengan kondisi yang terjadi dilapangan, bersifat probabilistik dan non-linier karena dipengaruhi oleh berbagai faktor ketidakpastian yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Dari faktor-faktor

signifikan mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi yang dapat *diupdate* (diperbarui) sesuai dengan kondisi di lapangan yaitu dipaparkan dalam tabel 4.5 yang meliputi :

Tabel 4.5 Faktor-faktor yang dapat *diupdate* secara *realtime* sesuai kondisi yang terjadi dilapangan

No.	Faktor yang dapat <i>diupdate</i> (diperbaharui/ <i>improvement</i> ) secara <i>realtime</i>	Deskripsi <i>improvement</i>	Faktor yang mengalami tindakan perbaikan akibat <i>updating</i> faktor sesuai kondisi yang terjadi dilapangan
1.	Persyaratan Peraturan ( <i>Regulatory Requirements</i> )	Adanya perubahan semakin ditingkatkannya pemenuhan dan penerapan kriteria-kriteria yang terdapat peraturan perundang-undangan dan persyaratan hukum yang berlaku dalam rangka membangun sistem kerja yang aman dalam mengontrol dan mengurangi insiden keselamatan.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.
2.	Budaya Perusahaan ( <i>Corporate Culture</i> )	Terdapatnya peningkatan konsistensi terlaksananya keselamatan kerja dan kebijakan didalam perusahaan/organisasi melalui peningkatan budaya perusahaan dengan keterlibatan yang aktif dan komitmen yang kuat dari <i>top management</i>	Kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, dan keterampilan pekerja
3.	Desain Keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	Peningkatan proses desain yang harus mempertimbangkan dan menjamin keselamatan pada setiap tahapan proyek melalui identifikasi resiko, penilaian dan pengendalian risiko merupakan bentuk intervensi yang tepat dalam memperbaiki dan meningkatkan kinerja keselamatan.	Kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, persyaratan peraturan, peralatan kerja & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja
4.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and Health Management</i> )	Penyelenggaraan SMK3 yang mengalami perubahan semakin sistematis, terencana, terpadu, dan terkoordinasi dengan baik akan menjadikan semua pemangku kepentingan mengetahui dan memahami definisi, tugas, tanggungjawab dan kewajibannya dalam penyelenggaraan dan penerapan SMK3 proyek konstruksi.	Desain keselamatan, kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, persyaratan peraturan, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja

No.	Faktor yang dapat diupdate (diperbaharui/improvement) secara realtime	Deskripsi improvement	Faktor yang mengalami tindakan perbaikan akibat updating faktor sesuai kondisi yang terjadi dilapangan
5.	Perencanaan Awal ( <i>Preplanning</i> )	Perencanaan awal yang semakin efektif melalui pendefinisian dan penetapan sasaran maupun tujuan serta program yang harus diimplementasikan termasuk penugasan sumber daya yang tepat dan disesuaikan dengan rencana aktivitas pekerjaan.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, persyaratan peraturan, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.
6.	Manajemen & Supervisi ( <i>Management and Supervision</i> )	Pengawasan yang semakin proaktif untuk memastikan terlaksananya program K3 secara konsisten dan sesuai standar SMK3 melalui <i>safety meeting</i> , <i>safety talk</i> , <i>safety induction</i> , <i>safety patrol</i> diharapkan bisa menekan angka kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, kondisi lingkungan, peralatan kerja, perencanaan awal, persyaratan peraturan, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.
7.	Pelatihan ( <i>Training</i> )	Pelaksanaan pelatihan yang rutin dan berkala sesuai dengan kompetensi dan tanggung jawab serta lingkup pekerjaan yang dilakukan menjadikan pekerja lebih memahami dan mengerti bagaimana menjalankan serta menggunakan peralatan serta dapat melaksanakan pekerjaan dengan baik sesuai standar K3.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, persyaratan peraturan, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.
8.	Peralatan Kerja ( <i>Operational Equipment</i> )	Peralatan kerja yang dirancang dengan baik dan sesuai dengan standarisasi yang harus dipenuhi melalui kegiatan sertifikasi, kalibrasi, dan peningkatan inspeksi berkala terhadap kondisi peralatan.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, perencanaan awal, persyaratan peraturan, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, peralatan keselamatan & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.

No.	Faktor yang dapat diupdate (diperbaharui/improvement) secara realtime	Deskripsi improvement	Faktor yang mengalami tindakan perbaikan akibat updating faktor sesuai kondisi yang terjadi dilapangan
9.	Peralatan Keselamatan dan APD ( <i>Safety Equipment and PPE</i> )	Semakin tingginya tingkat disiplin/kepatuhan pekerja dalam menggunakan peralatan keselamatan & APD yaitu melalui peningkatan kegiatan monitoring, inspeksi fisik semua peralatan keselamatan kerja, dan penegakan hukum terhadap pekerja yang tidak memenuhi standar keselamatan kerja.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, kondisi lingkungan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, persyaratan peraturan, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.
10.	Keterampilan Pekerja ( <i>Worker's Skill</i> )	Peningkatan keterampilan pekerja dalam mengoperasikan dan menjalankan peralatan baik peralatan kerja maupun peralatan keselamatan agar pekerja memahami dan mengerti akan tugas dan tanggung jawab yang harus dilakukan melalui pelatihan yang rutin dan berkala.	Peralatan tidak aman, lingkungan tidak aman, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, pelatihan, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, peralatan keselamatan & APD, kesadaran pekerja akan pentingnya keselamatan, persyaratan peraturan, perencanaan awal, peralatan kerja, manajemen & supervisi, kondisi lingkungan, desain keselamatan, dan budaya perusahaan.
11.	Kondisi Lingkungan ( <i>Environmental Condition</i> )	Adanya upaya peningkatan kondisi lingkungan yang kondusif dan mendukung melalui perencanaan awal seperti penilaian kebisingan, penetapan batasan paparan debu, pengaturan penerangan, penanganan material, maupun rencana tanggap darurat dalam menghadapi bencana alam.	Budaya perusahaan, desain keselamatan, manajemen & supervisi, peralatan kerja, perencanaan awal, persyaratan peraturan, peralatan keselamatan & APD, Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pelatihan, perilaku tidak aman, kondisi tidak aman, lingkungan tidak aman, peralatan tidak aman, dan keterampilan pekerja.
12.	Kondisi Fisik dan Mental Pekerja ( <i>Worker's Physical and Mental Condition</i> )	Kemampuan fisik yang prima diperlukan agar seorang pekerja dapat melakukan pekerjaan dengan baik. Untuk menghindari penggunaan pekerja yang sakit dan kemampuan fisik yang melemah melalui <i>safety induction</i> dan <i>medical check up</i> sebelum pekerja melaksanakan aktivitas kerja.	Perilaku tidak aman

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Dengan peningkatan keakurasian model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi tersebut dapat membantu para praktisi serta semua pemangku

kepentingan khususnya yang terlibat langsung pada industri konstruksi dalam memberikan rekomendasi langkah-langkah serta tindakan preventif dalam rangka meminimalkan terjadinya kecelakaan kerja yang fatal dan meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja (K3) serta dapat memberikan kontribusi pengetahuan mengenai faktor-faktor yang sangat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Konsep pada penelitian ini mencakup konsep *Construction Safety and Health* yang erat kaitannya dengan Manajemen Risiko ( *Project Risk Management*) yang merupakan bagian dari *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* hal ini dikarenakan kecelakaan kerja adalah kejadian yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak unsur kesengajaan sebagaimana timbulnya risiko dikarenakan kondisi *uncertainly*. Adapun hubungan yang terkait dengan manajemen risiko meliputi :

- a. Identifikasi Risiko (*Risk Identification*) yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor ketidakpastian yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja dan memiliki dampak signifikan terhadap tujuan proyek melalui identifikasi risiko pada tahap desain untuk memastikan keselamatan kerja pada setiap tahapan proyek konstruksi.
- b. Penilaian Risiko (*Risk Assesment*) yaitu risiko yang teridentifikasi dinilai berdasarkan probabilitas seperti yang terlihat pada output model prediksi kecelakaan kerja pada penelitian ini berupa besarnya nilai probabilitas kecelakaan kerja dengan beberapa kategori meliputi kecelakaan kerja fatal, berat, sedang, dan ringan.
- c. Analisis Risiko (*Risk Analysis*) yaitu merupakan tahap analisis risiko, probabilitas, dan dampak setiap risiko yang bertujuan untuk mengidentifikasi risiko yang memiliki konsekuensi signifikan terhadap kecelakaan kerja melalui manajemen & supervisi dan perencanaan awal.
- d. *Risk Response* yaitu bertujuan untuk mengidentifikasi tindakan alternatif dan menilai tindakan tersebut serta menerapkannya melalui pelatihan dan peningkatan budaya perusahaan yang konsisten dalam penerapan program K3.
- e. *Risk Monitoring* yaitu merupakan langkah dalam memantau risiko yang terjadi dan pengaruhnya terhadap proyek konstruksi dengan mengambil tindakan

korektif untuk mengurangi terjadinya kecelakaan kerja yang fatal melalui manajemen supervisi dan proses *updating modelling* maka dapat diketahui akar permasalahan penyebab utama terjadinya kecelakaan kerja dan tindakan perbaikan yang harus dilakukan dalam meningkatkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Faktor-faktor signifikan yang langsung mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi berdasarkan model yang dikembangkan menggunakan model *Bayesian Belief Networks* adalah 1) faktor kondisi tidak aman (*unsafe condition*) yang meliputi kondisi lingkungan tidak aman (*unsafe environment*) dan kondisi peralatan tidak aman (*unsafe equipment*). 2) faktor perilaku tidak aman (*unsafe behaviour*).
2. Model BBN yang telah dibangun untuk memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi menggambarkan dengan jelas bahwa hubungan antara faktor-faktor tidak *independent* namun saling berhubungan dan saling mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja pada proyek konstruksi seperti pada model prediksi kecelakaan kerja yang diusulkan.
3. Proses inferensi probabilitas dengan *Bayesian Belief Networks (BBN)* pada 4 (empat) kasus proyek konstruksi gedung telah menghasilkan probabilitas yang dapat memprediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi secara akurat dimana hasil perhitungan akurasi dengan menggunakan metode *APE* telah menggambarkan bahwa hasil prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi menggunakan metode *BBN* adalah akurat. Nilai akurasi rata-rata untuk proyek A, B, C, dan D adalah 85,07%.
4. Model prediksi berbasis *Bayesian Belief Network* merupakan model yang dapat mengakomodasi *updating* kejadian *realtime* sehingga dapat membantu para praktisi serta semua pemangku kepentingan khususnya yang terlibat langsung pada industri konstruksi dalam memberikan rekomendasi langkah-langkah serta tindakan preventif dalam rangka meminimalkan terjadinya fatalitas dan meningkatkan kinerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

## 5.2 Saran

Beberapa saran bagi penelitian selanjutnya berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh yaitu :

1. Model prediksi BBN kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dan variabel-variabel yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada penelitian ini terbatas pada aplikasi proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi (*high rise building*) dengan karakteristik jumlah lantai  $> 20$  dan tipe gedung apartemen, sehingga diharapkan untuk penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan serta diaplikasikan pada proyek konstruksi selain proyek konstruksi gedung, seperti jalan, jembatan maupun bangunan infrastruktur yang lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhamid, A.R., Abd Majid, M.Z. dan Singh, B. (2000). "Causes Of Accidents At Construction Sites". *Malaysian Journal of Civil Engineering* 20(2) : 242 – 259.
- Alzahrani, J. I. dan Emsley, M. W. (2013). "The impact of contractors' attributes on construction project success: A post construction evaluation". *International Journal of Project Management*, 31(2), 313-322. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.06.006>
- Andi, Alifen, R.S. dan Chandra, A (Juli 2005). "Model Persamaan Struktural Pengaruh Budaya Keselamatan Kerja pada Perilaku Pekerja di Proyek Konstruksi". *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 12 No. 3.
- Bobbio, a., Portinale, L., Minichino, M., Ciancamerla, E., (2001). *Improving the analysis of dependable systems by mapping fault trees into bayesian networks*. Reliab. Eng. Syst. Saf. 71, 249e260. [http://dx.doi.org/10.1016/S0951-8320\(00\)00077-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0951-8320(00)00077-6).
- Bomel., (2003). *Falls from height – Prevention and risk control effectiveness*. Research Report 116.
- Bureau of Labor Statistic (2016), *Employer-Reported Workplace Injuries And Illnesses – 2015*. [www.bls.gov/iif/oshsum.htm](http://www.bls.gov/iif/oshsum.htm)
- BpjsKetenagakerjaan. (2015), *Angka Kasus Kecelakaan Kerja Menurun*. Retrieved 24 Juni, 2016, from <http://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/2943/Angka-Kasus-Kecelakaan-Kerja-Menurun.html>.
- BpjsKetenagakerjaan. (2016a), *Jumlah Kecelakaan Kerja di Indonesia Masih Tinggi*. Retrieved 24 Juni, 2016, from <http://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/5769/Jumlah-kecelakaan-kerja-di-Indonesiamasih-tinggi.html>
- BpjsKetenagakerjaan. (2016b), *Konstruksi Sumbang 32 Persen dari Seluruh Kecelakaan Kerja di Indonesia*. Retrieved 24 Juni, 2016, from <http://www.bpjsketenagakerjaan.go.id/berita/5797/Konstruksi-Sumbang-32-Persen-dari-Seluruh-Kecelakaan-di-Indonesia.html>.
- BPS. (2016), *Penduduk 15 Tahun Ke Atas yang Bekerja menurut Lapangan Pekerjaan Utama 1986 - 2015*. Retrieved 22 Juni, 2016, from <https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/970>
- Cheng, C. W., Lin, C. C., Leu, S.S., (2010). "Use of association rules to explore cause–effect relationships in occupational", *Safety Science*, No.48, hal. 436–444
- accidents in the Taiwan construction industry
- Chi, Seokho., Han, Sangwon. dan Young, K., D. (2013). "Relationship between Unsafe Working Conditions and Workers' Behavior and Impact of Working Conditions on Injury Severity in U.S. Construction Industry". *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 139, No. 7.
- DepKes-RI. (2015). *Situasi Kesehatan kerja 2015 - Pusat Data dan Informasi Kesehatan RI*. Retrieved 22 Juni 2016, 2015, from <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/infodatin-kerja.pdf>

- Dreiseitl, S., (2010), *Artificial Intelligence Bayesian Network*, Software Engineering and Interactive Media.
- Elnaga, A. A., (2012), "The Impact of perception on Work behaviour". *Kuwait Chapter of Arabian Journal of Business and Management Review*, Vol. 2, No.2.
- Endroyono, B. (Januari 2006), "Peranan Manajemen K3 Dalam Pencegahan Kecelakaan Kerja Konstruksi", *Jurnal Teknik Sipil*, Volume III, No. 1, hal 8 – 15.
- Ersam, A. (2007), *Resiko Potensial Penyebab Kecelakaan Proyek Konstruksi Gedung Di Surabaya*, Tesis, Pascasarjana Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ervianto, W. L. (2005), *Manajemen Proyek Konstruksi*, Andi, Yogyakarta.
- Fang, D.P. Xiea, F., Huang, X.Y., dan Li, H. (2004). "Factor analysis-based studies on construction workplace safety management in China", *International Journal of Project Management* , Vol. 22, hal 43–49.
- Fang, D., Wu, H., (2013), "Development of a Safety Culture Interaction (SCI)model for construction projects", *Safety Science*, No.57, hal. 138–149.
- Hamid, A., R., A., Majid, M., Z., A. dan Singh., B. (2008). "Causes Of Accidents At Construction Sites". *Malaysian Journal of Civil Engineering* 20(2) : 242 – 259.
- Han, S.U., Lee, S.H. dan Pena-Mora, F. (2010). "System Dynamics Modeling of a Safety Culture". *Construction Research Congress*
- Haslam, R.A., Hide, S.A., Gibb, A.G.F., Gyi,D.E., Pavitt, T., Atkinson, S., dan Duff, A.R. (2005). "Contributing factors in construction accidents". *Applied Ergonomics*, 36, 401–415.
- Hidayat, B., Ferial, R., dan Anggraini, N (2016). "Kecelakaan Kerja Proyek Konstruksi Di Indonesia Tahun 2005-2015: Tinjauan Content Analysis Dari Artikel Berita".*Konferensi Nasional Teknik Sipil 10*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Hidayat, B., dan Rasadi, A. (2014). "Studi risiko proyek konstruksi di Sumatera Barat dengan metoda content analysis artikel berita surat kabar". *Paper presented at the Konferensi Nasional Teknik Sipil 8 (Konteks 8)*, Bandung, Jawa Barat. 16-18 Oktober 2014.
- Hinze, J.W.(1997). *Construction Safety*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Hu, K., R, H., Jackson, T. S., Winchester, W., (April 2011), "Factors influencing the risk of falls in the construction industry: a review of the evidence", *Construction Management and Economics*, No.29, hal., 397–416.
- ILO, 2013. *Pedoman pelatihan untuk manajer dan pekerja Modul Lima Permenaker RI No 5 Tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*.
- Jiang, Z., Fang, D. dan Zhang, M, (2015), "Understanding the Causation of Construction Workers' Unsafe Behaviors Based on System Dynamics Modeling", *Journal of Management in Engineering* , ISSN 0742-597.
- Jitwasinkul, B., Hadikusumo, B. H.W. dan Memon., A. Q. (2016). "A Bayesian Belief Network model of organizational factors for improving safe work behaviors in Thai construction industry". *Safety Science*, 82, 264–273.

- Joseph, S. A., Adams, B. J. dan McCabe, B., (2010), "Methodology for Bayesian Belief Networks Development to Facilitate Compliance with Water Quality Regulations", *Journal of Infrastructure Systems*, hal. 58-65.
- Khakzad, N., Khan, F., Amyotte, P., 2013. *Dynamic safety analysis of process systems by mapping bow-tie into Bayesian network*. Process Saf. Environ. Prot. 91, 46e53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psep.2012.01.005>.
- Khosravi. Y., Mahabadi, H. A., Hajizadeh. E., Rangi. N. H., Bastani, H., dan Behzadan A. H. (2014). "Factors Influencing Unsafe Behaviors and Accidents on Construction Sites: A Review". *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, Vol. 20, No. 1, 3–17.
- Langford, D., Rowlinson, S., dan Sawacha. E, (2000), "Safety behaviour and safety management: its influence on the attitudes of workers in the UK construction industry Engineering", *Construction and Architectural Management*, Vol. 7 Iss 2pp. 133 – 140.
- Langseth, H. dan Portinale, L., (2007), "Bayesian Networks in Reliability", *Reliability Engineering and System Safety*, No.92, hal. 92-108.
- Lee, E., Park, Y. dan Shin, J.G., (2009), "Large Engineering Project Risk Management Using A Bayesian Belief Network", *Expert System With Application*, No.36, hal 5880-5887.
- Ling, F., Y., Y., Liu., M., dan Woo, Y., C. (2009)."Construction fatalities in Singapore". *International Journal of Project Management*, 27,717–726.
- Luu, V.T., Tuan, N.V. dan Ogunlana, S.O., (2009), "Quantifying Schedule Risk in Construction Projects Using Bayesian Belief Networks", *International Journal of Project Management*, No. 27, hal 39-50
- Makridakis, Wheelwright, C., and Hyndman, R., J, (1998). *Forecasting: Methods and Applications*. 3rd Edition. John Wiley and Sons, New York, USA
- Manuel, F., A. (2011). *Reviewing Heinrich Dislodging Two Myths From the Practice of Safety*, Professional Development.[www.asse.org](http://www.asse.org)
- Maryani, A, Wignjosoebroto, S, dan Partiw, S. G., (2015), "A system dynamics approach for modeling construction accidents". *Procedia Manufacturing* 4, 392 – 401.
- Maurits, L, S., Widodo, I, D., (2008), "Faktor Dan Penjadualan Shift Kerja", *Teknoin*, Volume 13, Nomor 2, 11-22, ISSN: 0853-8697.
- McCabe, B., AbouRizk, S.M. dan Goebel. R., (1998), "Belief Networks for Construction Performance Diagnostic", *Journal Computer Civil Engineering*, Volume 12, No. 2, hal.93-100.
- Minati, S. T., (2015), *Gambaran Faktor Perilaku Tidak Aman Pada Pekerja PT. Krakatau Engineering Area Cook Over Plant (COP) Proyek Blast Furnace PT. Krakatau Steel (Persero), Tbk*, Skripsi, Program Studi Kesehatan Masyarakat, FIKES, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Mohammadfam, I., Ghasemi, F., Kalatpour, O., dan Moghimbeigi, A. (2017). "Constructing a Bayesian network model for improving safety behavior of employees at workplaces". *Applied Ergonomics* 58, 35-47.
- Motidyang, B. K. D., (2007), *A Bayesian Belief Network Computational Model of Social Capital in Virtual Communities*, Thesis, Computer Science and Educational & Communication Technology, University of Saskatchewan, Canada, July.

- Murie, F.(2007). “Building Safety—An International Perspective”. *International Journal Occupational Environment Health* Vol 13/No 1.
- Nawangwulan, Retno, (2008), *Pengaruh Sistem Proteksi Keselamatan Terhadap Tingkat Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Di Surabaya*, Tesis, Pascasarjana Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Neapolitan, R. E., (2003), *Learning Bayesian Network*, Prentice Hall Series in Artificial Intelligence.
- Nguyen,L,D, Tran, D., Q, and Chandrawinata, M.,T, Predicting Safety Risk of Working at Heights Using Bayesian Networks. (2016). *Journal of Construction Engineering and Management*, ISSN 0733-9364
- OHSAS 18000:2007, *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Jakarta.
- Olmus, H. dan Erbas, S.O. (2004), “Determining the Conditional Probabilities in Bayesian Networks”, *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, Volume 33, hal. 69-76.
- Oswald, D., Sherratt. F., dan S. Simon. (2013). “Exploring Factors Affecting Unsafe Behaviours In Construction”.Procs 29th Annual ARCOM Conference, 2-4 September 2013, Reading, UK, *Association of Researchers in Construction Management*, 335-344.
- Permenakertrans RI No 1 Tahun 1980 tentang Keselamatan Kerja pada Konstruksi Bangunan.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER.05/MEN/1996 Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- Permenaker No 5 Tahun 1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- Pritanti, H., Purwoto, & Solechan. (2012). “Pertanggungjawaban Pidana Terhadap Kontraktor Dalam Hal Terjadi Kecelakaan Kerja Menurut Undang-undang Nomor 3 Tahun 1992 Tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja”. *Law Journal*, Universitas Diponegoro , 1(4).
- Putra, K. A., & Syahrial. (2014). “Identifikasi Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Dengan Metode Analisis Root Cause Tracing Model (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Hotel Santika Medan)”. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3(1).
- Reason, J., 1997, “Managing the Risks of Organizational Accidents”, *Ashgate Publishing Limited*, England.
- Richards, M., (2008). “Variable Elimination in Bayesian Network”, *Introduction to Artificial Intelligence*, February.
- Sakinah, Z., Suwandi, T., dan Soedirham, O. (2015).”Relationship Analysis between Work Factor and Commitment of Individual with the Occurrence of Unsafe Act (Study in Division of General Engineering PT. XYZ Surabaya)”, *Civil and Environmental Research*, ISSN 2224-5790 (Paper) ISSN 2225-0514 (Online) Vol.7, No.4.
- Sahely, B.S.G.E dan Bagley, D.M., (2001), “Diagnosing Upset in Anaerobic Wastewater Treatment Using Bayesian Belief Networks”, *Journal of Environmental Engineering, ASCE*, Volume 127, No.4, hal.302-310, April.

- Santosa, B., (2009), *Manajemen Proyek, Konsep dan Implementasi*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Seo, D. C. (2005). "An explicative model of unsafe work behavior". *Safety Science* 43,187–211.
- Shin, M., Lee, H.S., Parka, M., Moon, dan M., Han, S. (2014). "A system dynamics approach for modeling construction workers' safety attitudes and behaviors". *Accident Analysis and Prevention* 68, 95–105.
- Silva, N. D. and Wimalaratne. P.L.I. (2012), "OSH management framework for workers at construction sites in Sri Lanka". *Engineering, Construction and Architectural Management*, Vol. 19 No. 4.
- Smallwood, J., J. (2008). "Impact of the South African Construction Regulations on construction health and safety Architects' perceptions". *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 5 No. 1.
- Sousa, V., Almeida, N.M., dan Dias, L.A. (2014). "Risk-based management of occupational safety and health in the construction industry – Part 1:" Background knowledge. *Safety Science* 66, 75–86.
- Starr, C. dan Shi, P., (2004), *An Introduction to Bayesian Belief Networks and their Application to Land Operations*, Land Operations Division System Science Laboratory DSTO-TN-0534, Australia
- Suraji, A., Duff, A. R., dan Peckitt S., J. (2001). "Development Of Causal Model Of Construction Accident Causation". *Journal Construction Engineering Management*, 127:337-344.
- Taylor III, B.W., (2001), *Sains Manajemen Pendekatan Matematika untuk Bisnis*, Introduction to Management Science, Buku I, Salemba Empat, Jakarta.
- Teo, E., A., L., Ling, F., Y., Y. dan Chong, A., F., W. (2005). "Framework for project managers to manage construction safety". *International Journal of Project Management*, 23, 329–341
- The Business Roundtable (1987). "Improving Construction Safety Performance". A CICE Project Report. Construction Industry Institute, USA.
- Undang-Undang No 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja.
- Wang, J., Zou, P. X.W. dan Li P. P. (2016). "Critical factors and paths influencing construction workers' safetyrisk tolerances". *Accident Analysis and Prevention* 93, 267–279.
- Warta Ekonomi, "K3 Masih Dianggap Remeh," 2 Juni 2006
- Wirahadikusumah, R.D. (2006). *Tantangan Masalah Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Proyek Konstruksi di Indonesia*, FTSL, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Wong, F. K.W., Chan., A. P.C., Yam, M. C.H., Wong., E. Y. .S., Tse., K. T.C., Yip., K. K.C. dan Cheung ., E., (2009). "Findings from a research study of construction safety in Hong Kong". *Journal of Engineering, Design and Technology* Vol. 7 No. 2.
- Wong, L., Wang, Y., Law, T., dan Lo, C.T. (2016). "Association of Root Causes in Fatal Fall-from-Height Construction Accidents in Hong Kong". *Journal of Construction Engineering and Management*, ISSN 0733-9364.

Zhang, Y., Shao, Wei., Zhang, Mengjia., Lib, H., Yin, S., dan Xu, Y. (2016).  
“Analysis 320 coal mine accidents using structural equation modeling with  
unsafe conditions of the rules and regulations as exogenous variables”.  
*Accident Analysis and Prevention* 92, 189–201.



## Lampiran 1. Sintesa Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Penulis	Tujuan	Tools	Hasil
1.	Identifying Root Causes Of Construction Accidents <i>Journal Of Construction Engineering and Management</i> . Vol. 126. No. 1	Abdelhamid (2000)	Mengidentifikasi faktor <i>human error</i> yang menjadi penyebab utama kecelakaan	Teknik investigasi studi kasus kecelakaan kerja berdasarkan jenis kecelakaan dan penyebab terjadinya	Dengan mengembangkan model ARCTM (An accident root causes tracing model) bahwa kondisi tidak aman disebabkan oleh kelambanan tindakan manajemen, tindakan tidak aman dari pekerja/tim kerja, dan kondisi tidak aman yang merupakan bagian alamiah dari lokasi konstruksi
2.	Development Of Causal Model Of Construction Accident Causation <i>Journal of Construction Engineering and Management</i> , Vol. 127, No. 4	Suraji (2001)	Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan pada sektor konstruksi dinegara Inggris	Studi kasus 500 kejadian kecelakaan pada sektor konstruksi di negara Inggris	Terdapat dua faktor penyebab kecelakaan yaitu dan faktor prosikmal seperti perencanaan konstruksi (28,8%), kontrol konstruksi yang tidak sesuai (16,6%), operasi konstruksi yang tidak aman (88%), tindakan operasi yang tidak sesuai (29,9%), kondisi lingkungan kerja yang tidak aman (6%). dan faktor distal merupakan faktor penyebab tidak langsung terjadinya kecelakaan meliputi kendala dan tanggapan dalam menciptakan kondisi/situasi yang meningkatkan resiko terjadinya kecelakaan.
3.	A system dynamics approach for modeling construction accidents (Procedia Manufacturing 4 ( 2015 ) 392 – 401)	Maryani (2015)	Menganalisa pengaruh kecelakaan kerja terhadap biaya langsung dan tidak langsung OSH ( <i>Occupational Safety and Health</i> )	Metode pemodelan Sistem Dinamik (SD)	Simulasi menunjukkan variabel disiplin kerja dan resiko kerja mempunyai pengaruh tertinggi pada kecelakaan kerja
4.	A system dynamics approach for modeling construction workers'safety attitudes and behaviors (Accident Analysis and Prevention 68 (2014) 95–105)	Shin (2014)	Mengembangkan pemodelan Sistem Dinamik (SD) berbasis pada proses mental pekerja konstruksi	Metode pemodelan Sistem Dinamik (SD)	Model yang dikembangkan memberikan efektivitas tiga kebijakan peningkatan keselamatan yaitu insentif bagi pekerja yang berperilaku aman, peningkatan tingkat komunikasi, dan sikap lebih hati-hati dalam menghadapi kecelakaan ( <i>immersion in accident</i> )

No.	Judul	Penulis	Tujuan	Tools	Hasil
5.	An explicative model of unsafe work behavior (Safety Science 43 (2005) 187–211)	Seo (2005)	Membangun dan menguji model perilaku tidak aman, menganalisa mekanisme budaya keselamatan dan pengaruh faktor-faktor penyebab perilaku tidak aman terhadap perilaku keselamatan individu di tempat kerja	<i>Structural Equation Modelling (SEM)</i>	Persepsi budaya keselamatan adalah predictor terbaik dari perilaku tidak aman pekerja yang secara simultan dibagi menjadi 3 yaitu : pengaruh tidak langsung faktor mediasi dari persepsi beban kerja, risiko, dan hambatan , pengaruh langsung persepsi hambatan terhadap perilaku tidak aman, dan pengaruh langsung terhadap perilaku tidak aman
6.	Analysis 320 coal mine accidents using structural equation modeling with unsafe conditions of the rules and regulations as exogenous variables (Accident Analysis and Prevention 92 (2016) 189–201)	Zhang (2016)	Menganalisa interaksi antara faktor penyebab kecelakaan pada tambang batu bara yaitu kondisi tidak aman dari peraturan, perilaku tidak aman operator, kondisi tidak aman peralatan dan kondisi tidak aman lingkungan	<i>Structural Equation Modelling (SEM)</i>	Analisa hasil mengarah pada tiga kesimpulan yaitu : 1. Kondisi tidak aman dari peraturan mempengaruhi perilaku tidak aman dari operator dan kondisi tidak aman peralatan serta lingkungan, 2. Kurangnya pelatihan dan pendidikan keselamatan, peraturan dan tanggung jawab keselamatan produksi, peraturan dari pengawasan dan pemeriksaan, 3. Kondisi tempat-tempat yang berbahaya, lingkungan kerja yang buruk, dan kesalahan operator
7.	Causes Of Accidents At Construction Sites (Malaysian Journal of Civil Engineering 20(2) : 242 - 259 (2008)	Abdul Hamid (2008)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meninjau penyebab kecelakaan di Konstruksi</li> <li>2. Mengidentifikasi penyebab kecelakaan dari kasus kecelakaan yang dilaporkan</li> <li>3. Mempelajari persepsi profesional konstruksi mengenai penyebab kecelakaan di lokasi konstruksi di Malaysia.</li> </ol>	<i>Literatur Review</i>	Penyebab utama kecelakaan konstruksi ditemukan adalah kelalaian pekerja , kegagalan pekerja untuk mematuhi prosedur kerja, bekerja di ketinggian tinggi, operasi peralatan tanpa alat pengaman, manajemen site yang buruk, operasi kerja yang keras, pengetahuan rendah dan tingkat keterampilan pekerja, kegagalan untuk menggunakan alat pelindung diri dan kurangnya pengetahuan pekerja mengenai keselamatan.

No.	Judul	Penulis	Tujuan	Tools	Hasil
8.	Construction fatalities in Singapore (International Journal of Project Management 27 (2009) 717–726)	Ling (2009)	1. Mengkaji karakteristik pekerja yang meninggal; (2) menentukan jenis kecelakaan dan kerja yang dilakukan ketika kecelakaan fatal terjadi; (3) mengidentifikasi lingkungan di mana kecelakaan fatal terjadi; (4) membandingkan temuan di atas dengan analisis kematian serupa di AS, dan (5) merekomendasikan langkah-langkah yang dapat diambil untuk mencegah kecelakaan fatal di lokasi proyek.	<i>Literatur Review</i>	Perubahan dalam budaya keselamatan organisasi, peningkatan hukuman sistem, dan komunikasi yang efektif sangat penting untuk meningkatkan kinerja keselamatan di industri konstruksi Singapura
9.	Contributing factors in construction accidents (Applied Ergonomics 36 (2005) 401–415)	Haslam (2005)	1. Mengidentifikasi 100 sampel kecelakaan non fatal pada konstruksi yang berpotensi menyebabkan cedera. 2. Mengumpulkan informasi kondisi yang menyebabkan terjadinya peristiwa kecelakaan. 3. Mengumpulkan informasi sebab akibat kecelakaan termasuk kontribusi faktor manajemen, proyek, lokasi dan individu 4. Memberikan rekomendasi hal-hal yang harus diperhatikan dalam meningkatkan keselamatan konstruksi.	Wawancara <i>focus group</i>	Faktor-faktor yang terlibat dalam kecelakaan yaitu : masalah yang timbul dari pekerja/tim kerja (70% dari kecelakaan), masalah tempat kerja (49%), kurangnya peralatan terutama alat pelindung diri (56%), masalah dengan kesesuaian dan kondisi material (27%), dan kurangnya pengelolaan manajemen risiko (84%).

No.	Judul	Penulis	Tujuan	Tools	Hasil
10.	Critical factors and paths influencing construction workers' safetyrisk tolerances (Accident Analysis and Prevention 93 (2016) 267–279)	Whang (2016)	Mengidentifikasi faktor-faktor penting yang mempengaruhi toleransi risiko keselamatan pekerja dan mengeksplorasi faktor yang berkontribusi penyebab kecelakaan kerja dari sistem <i>perceptive thinking</i>	Wawancara dan Survei Kuisisioner <i>Structural Equation Modelling</i> (SEM)	Toleransi resiko keselamatan pekerja dipengaruhi oleh persepsi subjektif pribadi, pengalaman kerja dan pengetahuan, karakteristik pekerjaan dan manajemen kesehatan dan keselamatan kerja.

**Lampiran 2. Tabel Peringkat Faktor-faktor Perilaku Tidak Aman (*Unsafe Behaviour*), Lingkungan Tidak Aman (*Unsafe Environment*), dan Peralatan Tidak Aman (*Unsafe Equipment*) yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja**

Indikator	Abdelhamid (2000)	Suraji (2001)	Haslam (2005)	Seo (2005)	Hamid (2008)	Wong (2009)	Ling (2009)	Hu (2011)	Silva (2012)	Elnaga (2012)	Fang (2013)	Chi (2013)	Oswald (2013)	Khosravi (2014)	Shin (2014)	Jiang (2015)	Maryani (2015)	Zhang (2016)	Wang (2016)	Nguyen (2016)	Jitwasinkul (2016)	Mohammadfiam (2017)	Total
<b><i>Unsafe Behaviour</i></b>																							
Motivasi				√							√			√									3
<i>Knowledge</i> (Pengetahuan)			√	√												√		√	√				5
<i>Training</i> (Pelatihan)				√				√					√					√	√	√			6
<i>Safety Awareness</i>				√	√			√	√							√		√		√			7
<i>Workload</i> (Beban Kerja)				√															√				2
<i>Time Pressure</i> (Tekanan Waktu)				√									√										2
<i>Level of education</i> (Pendidikan)							√		√	√													3
<i>Length of work</i> (Masa Kerja)						√			√														2
<i>Age</i> (Usia)						√	√		√	√													4
<i>Reward</i> (Penghargaan)									√						√								2
<i>Punishment</i> (Hukuman)									√						√								2
<i>Work discipline</i> (Disiplin Kerja)									√									√					2
Perencanaan Awal ( <i>Preplanning</i> )		√			√	√			√						√				√		√		7
Kelalaian					√																		1
<i>Fatigue</i> (Kelelahan)					√																		1
Kecanduan Alkohol dan Obat-obatan					√																		1
Kondisi Fisik dan Mental			√		√			√								√			√	√			6
Emosi					√														√				2
<i>Attitude</i> (Sikap)					√																		1
<i>Knowledge</i> (Pengetahuan)					√						√												2
Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja	√	√				√			√						√		√	√	√	√	√	√	11
<i>Gender</i> (Jenis Kelamin)							√			√													2
<i>Work Experience</i> (Pengalaman Kerja)										√			√						√				3
Peraturan		√			√	√			√						√				√		√	√	8
<i>Attitude</i> (Sikap)										√				√		√							3
Persepsi										√			√										2
Alkohol dan Obat-obatan									√				√										2

Indikator	Abdelhamid (2000)	Suraji (2001)	Haslam (2005)	Seo (2005)	Hamid (2008)	Wong (2009)	Ling (2009)	Hu (2011)	Silva (2012)	Elnaga (2012)	Fang (2013)	Chi (2013)	Oswald (2013)	Khosravi (2014)	Shin (2014)	Jiang (2015)	Maryani (2015)	Zhang (2016)	Wang (2016)	Nguyen (2016)	Jitwasinkul (2016)	Mohammadfiam (2017)	Total
<i>Safety Culture</i> (Budaya Keselamatan)								√	√				√				√		√	√			6
Kebiasaan ( <i>Habituation</i> )															√								1
Keterampilan Pekerja ( <i>Worker's Skill</i> )			√					√	√		√									√	√		6
Manajemen/ Supervisi	√	√				√			√						√		√	√	√	√	√	√	11
<b><i>Unsafe Environment</i></b>																							
Kebisingan			√	√	√				√			√		√					√				7
Debu				√					√					√									3
Kelembaban Udara				√					√														2
Suhu			√	√					√			√							√				5
Cuaca			√						√			√											1
Permukaan site yang licin dan berlumpur					√																		1
Pencahayaan			√		√				√			√											4
Elevasi Tinggi					√																		1
Ventilasi					√				√														1
Wilayah Kerja Terbatas			√		√																		2
<b><i>Unsafe Equipment</i></b>																							
Posisi Alat (Tempat yang tepat untuk alat)				√																			1
Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )			√		√			√				√		√				√	√	√			7
Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )			√		√			√				√		√				√	√	√			7

### Lampiran 3. Lembaran Kuesioner



## MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI PASCASARJANA TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

### KUESIONER

Kepada Yth :  
Bapak/Ibu  
Di Tempat

Dengan Hormat,

Saya adalah mahasiswa Pascasarjana ITS program S2 Teknik Sipil sedang melaksanakan penelitian yang berhubungan dengan kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Untuk tujuan tersebut, peneliti memerlukan survey melalui kuesioner dan wawancara (*interview*) sebagai kelengkapan data penelitian. Survey melalui kuesioner ini bertujuan “**untuk membuat model prediksi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi berbasis *Bayesian Belief Networks* yang dapat diupdate secara *realtime* sesuai kondisi di lapangan.**”.

Peneliti mengharapkan Bapak/Ibu dapat membantu dalam hal mengisi kuesioner berdasarkan kondisi sebenarnya yang terjadi di lapangan, dan data serta informasi yang diberikan dijamin kerahasiaannya oleh peneliti. Survey ditujukan kepada Manajer Proyek pada perusahaan BUMN yang bergerak dalam bidang konstruksi. Lembar kuesioner terdiri dari empat bagian yaitu **bagian 1** tentang profil responden, perusahaan, dan proyek konstruksi, **bagian 2** identifikasi peringkat faktor, **bagian 3** hubungan antara faktor dan **bagian 4** menentukan probabilitas hubungan antara faktor.

Atas partisipasi Bapak/Ibu, sebelumnya peneliti ucapkan banyak terima kasih dan semoga informasi yang diberikan dapat menambah ilmu dalam dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Hormat saya,

Diah Sarasanty  
(0813-3017-0099 / Email : diahsarasanty@gmail.com)

## Bagian 1 : Profil Responden, Perusahaan, dan Proyek Konstruksi

### A. PROFIL RESPONDEN

1. Tanggal Pengisian Kuisioner :
2. Nama Responden :
3. No. Telp/Email :
4. Jabatan : ( berikan tanda √ pada kotak yang sesuai )  
☐ Direktur    ☐ Project Manager    ☐ Manajer K3    ☐ Lainnya .....
5. Lama bekerja pada perusahaan ini : tahun
6. Pengalaman di bidang proyek konstruksi : tahun  
☐ <5 tahun    ☐ 5-10 tahun    ☐ 11-15 tahun    ☐ >15 tahun
7. Latar belakang pendidikan : ( berikan tanda √ pada kotak yang sesuai )  
☐ S1                  ☐ S2                  ☐ S3

## B. PROFIL PERUSAHAAN

1. Nama perusahaan / instansi :
2. Jenis kepemilikan perusahaan : ( berikan tanda  $\surd$  pada kotak yang sesuai )  
☐ Pemerintah (BUMN/BUMD)    ☐ Swasta
3. Lama pengalaman perusahaan di bidang proyek konstruksi :  
☐ <10 tahun    ☐ 10-20 tahun    ☐ >20 tahun
4. Jenis proyek gedung dalam kurun waktu 5 tahun terakhir :  
☐ Gedung Mall  
☐ Gedung Apartemen/Hotel  
☐ Gedung Rumah Sakit  
☐ Gedung Restoran/Ruko  
☐ Gedung Sekolah  
☐ Lainnya (sebutkan) .....

### C. PROFIL PROYEK KONSTRUKSI

1. Jenis Proyek : .....
2. Pemilik Proyek : .....
3. Lingkup Proyek : ..... lantai
4. Jangka Waktu Pelaksanaan : .....
5. Nilai Kontrak Fisik : .....



## Bagian 2 : Identifikasi Peringkat Faktor yang berpengaruh terhadap Kecelakaan Kerja

Berikan jawaban tingkat pengaruh faktor berikut terhadap kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dari sisi perilaku tidak aman (*unsafe behavior*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*).

- Skor 1 = Tingkat pengaruh sangat kecil  
Skor 2 = Tingkat pengaruh kecil  
Skor 3 = Tingkat pengaruh sedang  
Skor 4 = Tingkat pengaruh besar  
Skor 5 = Tingkat pengaruh sangat besar

### Perilaku Tidak Aman (*Unsafe Behaviour*)

No.	Faktor yang berpengaruh terhadap kecelakaan kerja	Skor tingkat pengaruh				
		1	2	3	4	5
1.	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> ) yaitu keterampilan, pengalaman, dan kemampuan pekerja yang dibutuhkan dalam melakukan tugas tertentu dengan aman dan sesuai tujuan yang diharapkan					
2.	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awarness</i> ) yaitu kesadaran pekerja akan bahaya dan risiko kecelakaan kerja					
3.	Kondisi fisik dan mental ( <i>Worker's physical and mental</i> ) yaitu kondisi fisik dan mental pekerja ketika mereka bekerja					
4.	Pelatihan ( <i>Training</i> ) yaitu upaya peningkatan keterampilan dan kemampuan tenaga kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan dari pekerjaan para pekerja					
5.	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> ) yaitu sistem pengelolaan dan pengawasan yang menjamin keselamatan pekerja dan sumber daya lainnya					
6.	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> ) yaitu nilai-nilai, keyakinan, norma, asumsi, pengalaman, tradisi, prinsip-prinsip bisnis, dan operasional perusahaan yang mampu mempengaruhi perilaku pekerja					
7.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> ) yaitu sistem manajemen yang meliputi kebijakan keselamatan, prosedur, deskripsi peran dan tanggung jawab untuk keselamatan dan pengukuran dalam mengevaluasi kinerja keselamatan					
8.	Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> ) yaitu Kerangka peraturan, standar, dan pedoman yang mengatur industri, profil, dan pelaksanaannya					

Faktor yang lain (Sebutkan) : .....

.....

.....

.....

Peralatan Tidak Aman (*Unsafe Equipment*)

No.	Faktor yang berpengaruh terhadap kecelakaan kerja	Skor tingkat pengaruh				
		1	2	3	4	5
1.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) yaitu peralatan keselamatan dan APD sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan					
2.	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> ) yaitu ketersediaan peralatan kerja yang sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan					
3.	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) yaitu perencanaan, pendefinisian, dan penugasan sumber daya yang tepat sesuai dengan rencana aktivitas					
4.	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> ) yaitu proses desain yang memastikan <i>constructability</i> , <i>operability</i> , dan <i>safety</i> pada tahap perencanaan dan pelaksanaan dengan melibatkan perencana dan kontraktor					

Faktor yang lain (Sebutkan) : .....

.....

.....

.....

Lingkungan Tidak Aman (*Unsafe Environment*)

No.	Faktor yang berpengaruh terhadap kecelakaan kerja	Skor tingkat pengaruh				
		1	2	3	4	5
1.	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> ) yaitu pengaruh faktor internal (seperti kebisingan, getaran, dan tekanan) dan faktor eksternal (cuaca, kelembaban) terhadap aktivitas/kegiatan proyek konstruksi					

Faktor yang lain (Sebutkan) : .....

.....

.....

.....

**Bagian 3 :** Untuk mengetahui sebab akibat dan besar hubungan antar variabel

Berikan jawaban tingkat hubungan pengaruh antara faktor-faktor terhadap kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dari sisi perilaku tidak aman (*unsafe behavior*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*).

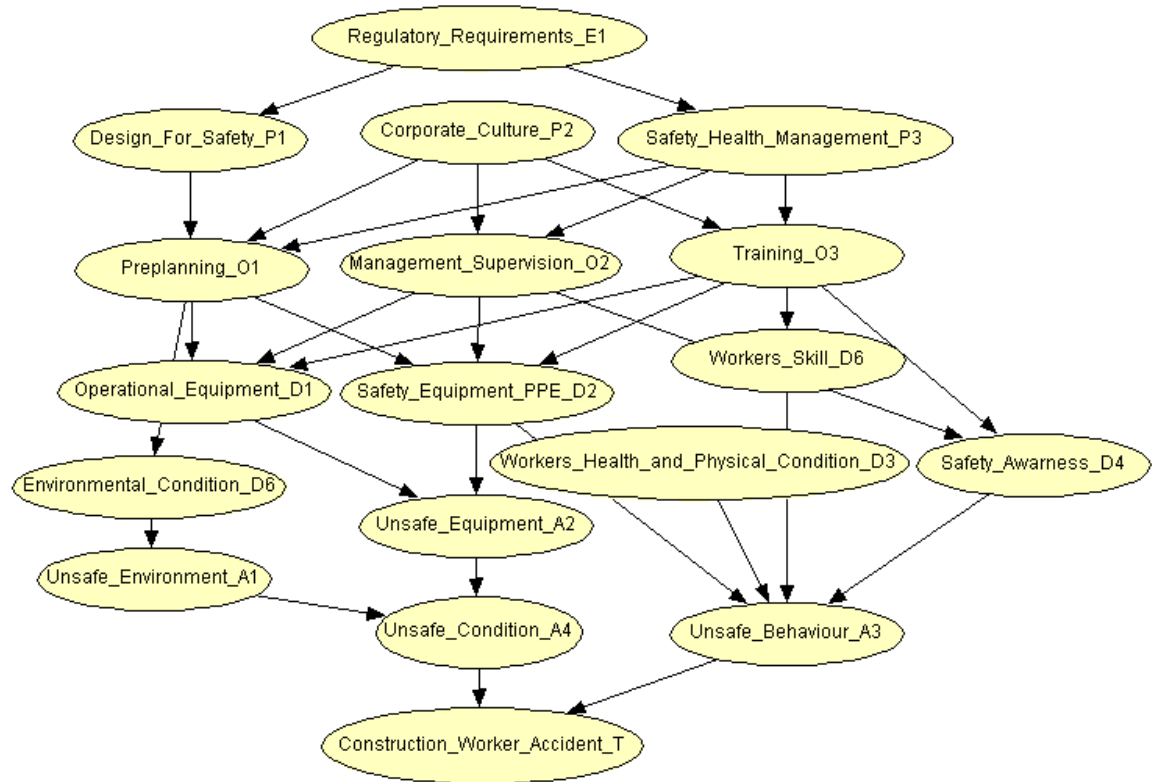
Skor 0 = tidak berhubungan

Skor 1 = berhubungan

**Tabel 1.** Hubungan antara variabel yang mempengaruhi kecelakaan kerja pada proyek konstruksi dari sisi perilaku tidak aman (*unsafe behavior*), lingkungan tidak aman (*unsafe environment*), dan peralatan tidak aman (*unsafe equipment*).

SEBAB																			
Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )																			
Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awarness</i> )																			
Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's mental and physical condition</i> )																			
Pelatihan ( <i>Training</i> )																			
Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )																			
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )																			
Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )																			
Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )																			
Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )																			
Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )																			
Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )																			
Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )																			
Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )																			
Lingkungan Tidak Aman ( <i>Unsafe Environment</i> )																			
Peralatan Tidak Aman ( <i>Unsafe Equipment</i> )																			
Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> )																			
Kondisi Tidak Aman ( <i>Unsafe Condition</i> )																			
Kecelakaan Kerja ( <i>Construction Worker Accident</i> )																			
AKIBAT	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> )																		
	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awarness</i> )																		
	Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's mental and physical condition</i> )																		
	Pelatihan ( <i>Training</i> )																		
	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )																		
	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )																		
	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )																		
	Persyaratan peraturan ( <i>Regulatory requirements</i> )																		
	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )																		
	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )																		
	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )																		
	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )																		
	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )																		
	Lingkungan Tidak Aman ( <i>Unsafe Environment</i> )																		
	Peralatan Tidak Aman ( <i>Unsafe Equipment</i> )																		
	Perilaku Tidak Aman ( <i>Unsafe Behaviour</i> )																		
	Kondisi Tidak Aman ( <i>Unsafe Condition</i> )																		
	Kecelakaan Kerja ( <i>Construction Worker Accident</i> )																		

***Conceptual Model Bayesian Belief Networks Awal/Sementara***



**Bagian 4.** Menentukan Probabilitas Faktor yang berpengaruh terhadap kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Berikan jawaban nilai probabilitas antara nilai 0 sampai nilai 1 (0 s/d 1)

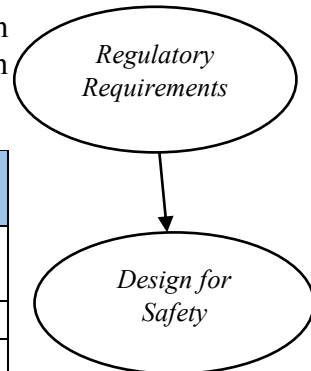
Contoh nilai 0;0,1;0,2;0,3....0,9;1,0

1. Berapa % probabilitas terpenuhi/tidak terpenuhinya persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) pada proyek konstruksi yang Bapak/Ibu tangani?



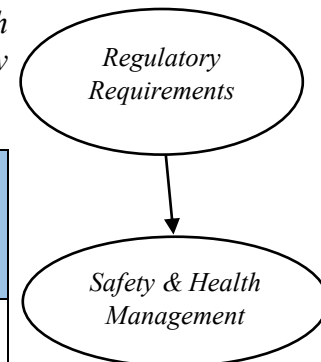
Persyaratan peraturan ( <i>regulatory requirements</i> )
Memenuhi

2. Berapa % probabilitas terjamin/tidak terjaminnya desain keselamatan (*design for safety*), jika persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) memenuhi/tidak memenuhi?



<i>Parent Node</i>	Desain keselamatan ( <i>design for safety</i> )
Persyaratan Peraturan ( <i>Regulatory Requirement</i> )	Terjamin
Memenuhi	
Tidak Memenuhi	

3. Berapa % probabilitas efektif/tidak efektifnya Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and health management*), jika persyaratan peraturan (*regulatory requirements*) memenuhi/tidak memenuhi?



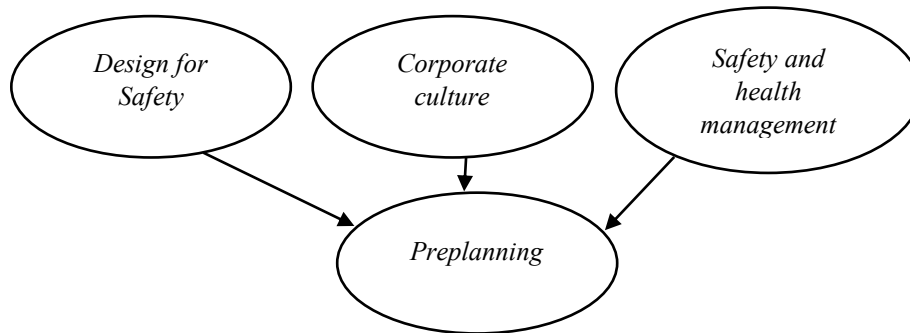
<i>Parent Node</i>	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )
Persyaratan Peraturan ( <i>Regulatory Requirement</i> )	Efektif
Memenuhi	
Tidak Memenuhi	

4. Berapa % probabilitas adanya dukungan/tidak ada dukungan budaya perusahaan (*Corporate culture*) pada proyek konstruksi yang Bapak/Ibu tangani?

*Corporate Culture*

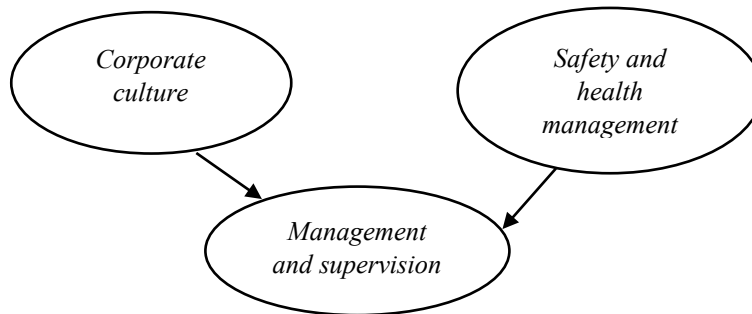
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )
Mendukung

5. Berapa % probabilitas efektif/tidak efektifnya perencanaan awal (*Preplanning*), jika desain keselamatan (*design for safety*) yang terjamin/tidak terjamin, budaya perusahaan (*Corporate culture*) yang mendukung/tidak mendukung, dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and health management*) efektif/tidak efektif?



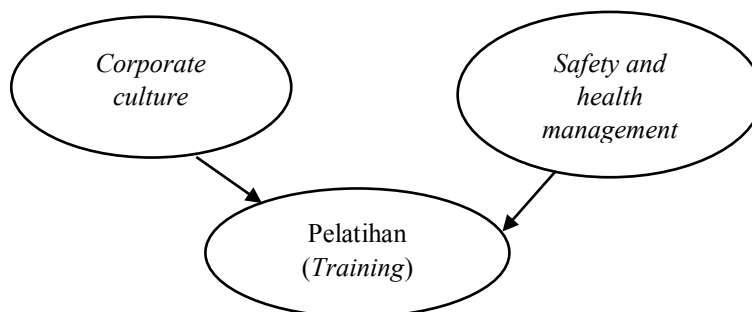
<i>Parent Node</i>			Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )
Desain keselamatan ( <i>design for safety</i> )	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Efektif
Menjamin	Mendukung	Efektif	
		Tidak Efektif	
	Tidak Mendukung	Efektif	
		Tidak Efektif	
Tidak Menjamin	Mendukung	Efektif	
		Tidak Efektif	
	Tidak Mendukung	Efektif	
		Tidak Efektif	

6. Berapa % probabilitas proaktif/reaktifnya manajemen/supervisi (*management and supervision*), jika budaya perusahaan (*corporate culture*) yang mendukung/tidak mendukung, dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) efektif/tidak efektif?



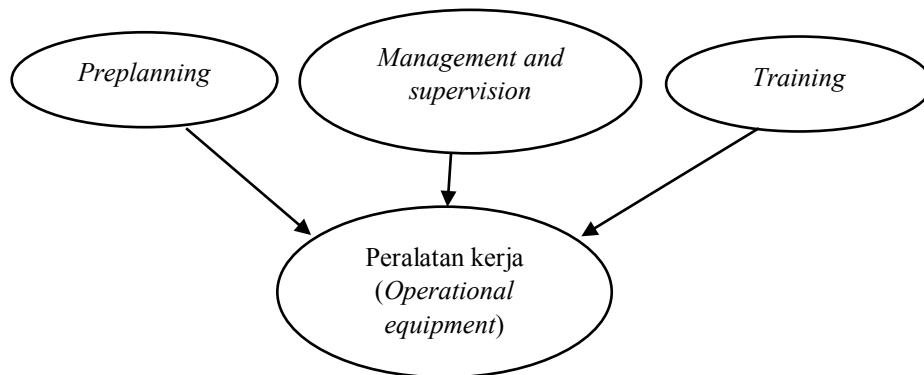
Parent Node		Manajemen/supervisi ( <i>management and supervision</i> )
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Proaktif
Mendukung	Efektif	
	Tidak Efektif	
Tidak Mendukung	Efektif	
	Tidak Efektif	

7. Berapa % probabilitas relevan/tidak relevannya pelatihan (*training*), jika budaya perusahaan (*corporate culture*) yang mendukung/tidak mendukung, dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) efektif/tidak efektif?



Parent Node		Pelatihan (Training)
Budaya perusahaan (Corporate culture)	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Safety and health management)	Relevan
Mendukung	Efektif	
	Tidak Efektif	
Tidak Mendukung	Efektif	
	Tidak Efektif	

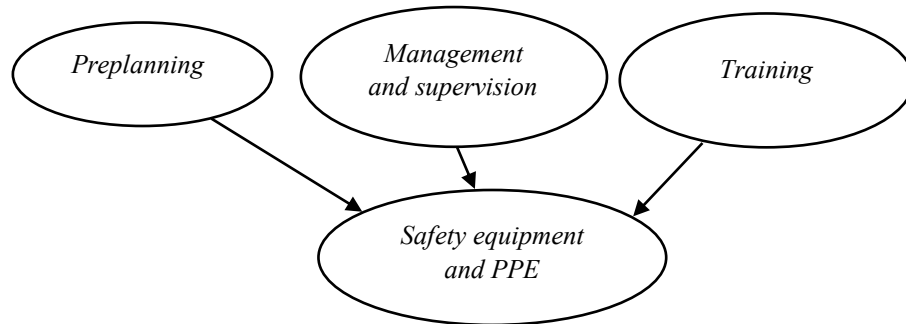
8. Berapa % probabilitas sesuai standar/tidak sesuai standarnya peralatan kerja (*operational equipment*), jika manajemen/supervisi (*management and supervision*) proaktif/reaktif, perencanaan awal (*preplanning*) yang efisien/tidak efisien, dan pelatihan (*training*) relevan/tidak relevan?



Parent Node			Peralatan kerja (Operational equipment)
Perencanaan awal (preplanning)	Manajemen/supervisi (management and supervision)	Pelatihan (training)	Sesuai Standar Keselamatan Kerja
Efisien	Proaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	
	Reaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	
Tidak Efisien	Proaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	
	Reaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	



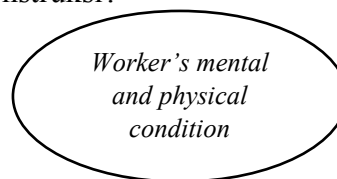
9. Berapa % probabilitas menggunakan/tidak menggunakannya peralatan keselamatan dan alat pelindung diri (*Safety equipment and PPE*), jika terjadi perencanaan awal (*preplanning*) efisien/tidak efisien, manajemen/supervisi (*management and supervision*) yang proaktif/reaktif, dan pelatihan (*Training*) relevan/tidak relevan?



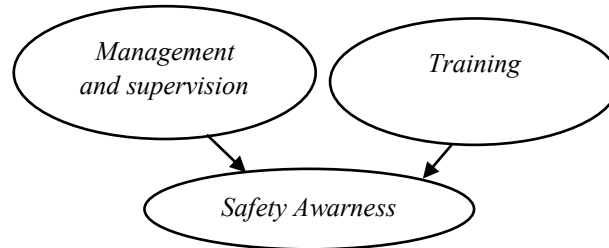
<i>Parent Node</i>			Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )
Perencanaan awal ( <i>preplanning</i> )	Manajemen/supervisi ( <i>management and supervision</i> )	Pelatihan ( <i>Training</i> )	Menggunakan
Efisien	Proaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	
	Reaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	
Tidak Efisien	Proaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	
	Reaktif	Relevan	
		Tidak Relevan	

10. Berapa % probabilitas sehat/tidaknya kondisi fisik dan mental (*worker's mental and physical condition*) para pekerja konstruksi?

Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>worker's mental and physical condition</i> )
Sehat



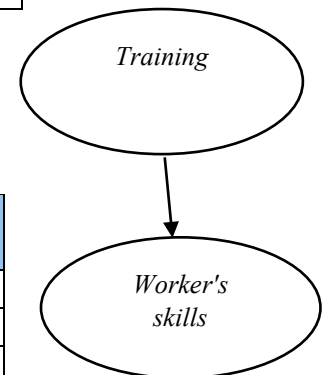
11. Berapa % probabilitas tinggi/rendahnya kesadaran pekerja akan keselamatan (*safety awareness*), jika manajemen/supervisi (*management and supervision*) yang proaktif/reaktif dan pelatihan (*Training*) yang relevan/tidak relevan?



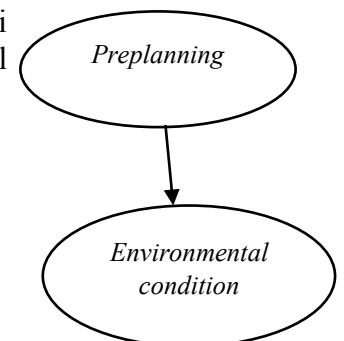
Parent Node		Kesadaran akan keselamatan ( <i>safety awareness</i> )
Manajemen/supervisi ( <i>management and supervision</i> )	Pelatihan ( <i>Training</i> )	Tinggi
Proaktif	Relevan	
	Tidak Relevan	
Reaktif	Relevan	
	Tidak Relevan	

12. Berapa % probabilitas kompeten/tidak kompetennya keterampilan pekerja (*worker's skills*), jika pelatihan (*training*) relevan/tidak relevan?

Parent Node	Keterampilan pekerja ( <i>worker's skills</i> )
Pelatihan ( <i>training</i> )	Kompeten
Relevan	
Tidak Relevan	



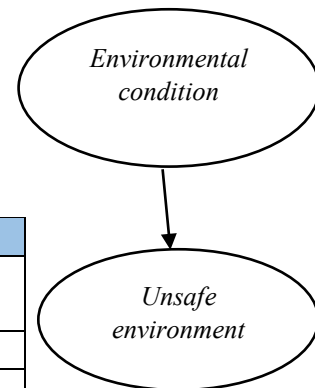
13. Berapa % probabilitas mendukung/tidak mendukungnya kondisi lingkungan (*Environmental condition*), jika perencanaan awal (*preplanning*) efektif/tidak efektif?



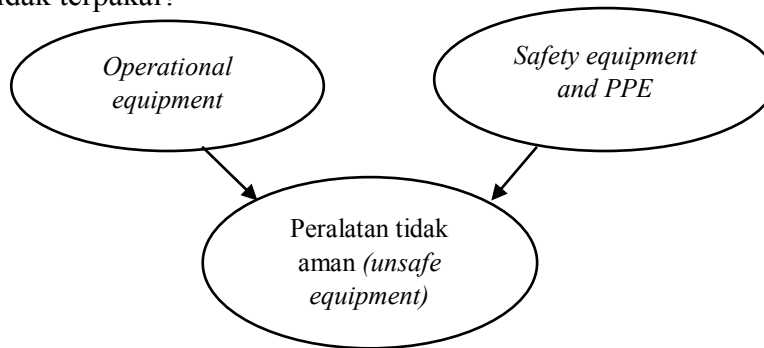
<i>Parent Node</i>	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )
Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	Mendukung
Efisien	
Tidak Efisien	

14. Berapa % probabilitas aman/tidaknya kondisi lingkungan , jika kondisi lingkungan proyek konstruksi (*Environmental condition*) mendukung/tidak mendukung?

<i>Parent Node</i>	Lingkungan ( <i>Environment</i> )
Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> )	Aman
Mendukung	
Tidak Mendukung	

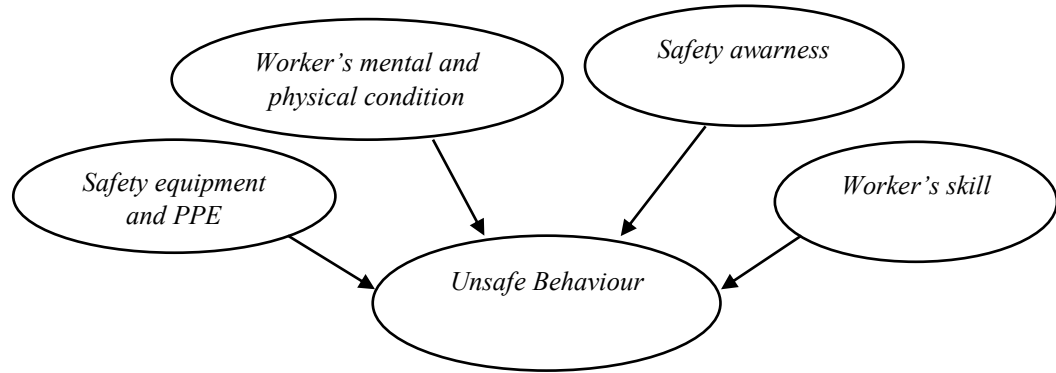


15. Berapa % probabilitas aman/tidaknya peralatan kerja, jika kondisi peralatan kerja (*operational equipment*) sesuai standar/tidak sesuai standar keselamatan kerja, dan peralatan keselamatan/alat pelindung diri (*Safety equipment and PPE*) terpakai/tidak terpakai?



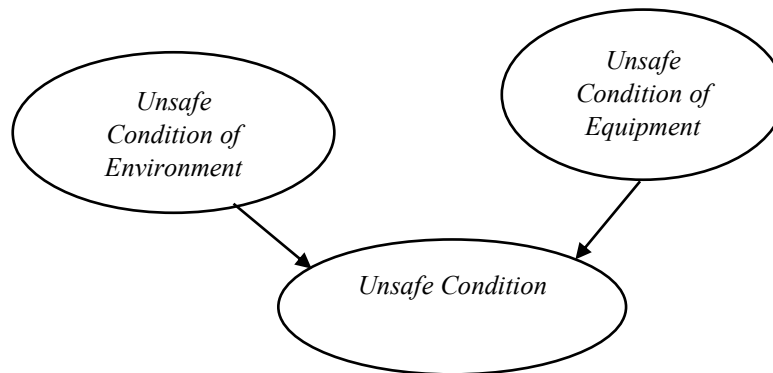
<i>Parent Node</i>		Peralatan ( <i>equipment</i> )
Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	Aman
Sesuai standar keselamatan kerja	Menggunakan	
	Tidak Menggunakan	
Tidak sesuai standar keselamatan kerja	Menggunakan	
	Tidak Menggunakan	

16. Berapa % probabilitas aman/tidaknya perilaku pekerja, jika peralatan keselamatan dan APD yang menggunakan/tidak menggunakan, kondisi fisik dan mental pekerja konstruksi (*worker's mental and physical condition*) sehat/tidak sehat, kesadaran pekerja akan keselamatan (*safety awareness*) tinggi/rendah, dan keterampilan pekerja (*worker's skill*) kompeten/tidak kompeten?



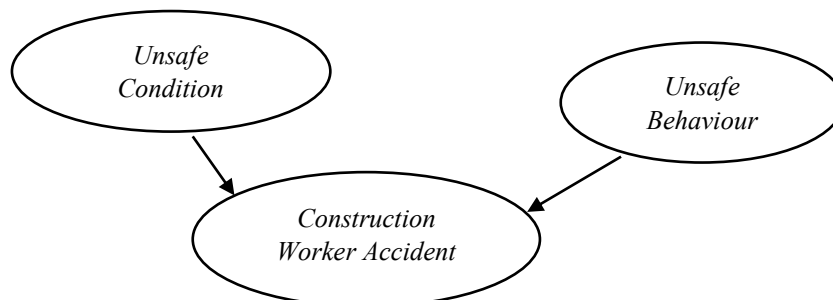
Parent Node				Perilaku pekerja (Behaviour)
Peralatan keselamatan dan APD ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>worker's mental and physical condition</i> )	Kesadaran pekerja akan keselamatan ( <i>safety awareness</i> )	Keterampilan pekerja ( <i>worker's skill</i> )	Aman
Menggunakan	Sehat	Tinggi	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
		Rendah	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
	Sakit	Tinggi	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
		Rendah	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
Tidak Menggunakan	Sehat	Tinggi	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
		Rendah	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
	Sakit	Tinggi	Kompeten	
			Tidak Kompeten	
		Rendah	Kompeten	
			Tidak Kompeten	

17. Berapa % probabilitas kondisi yang aman/tidak aman(*safe/unsafe condition*), jika kondisi lingkungan kerja aman/tidak aman (*safe/unsafe environment*) dan kondisi peralatan kerja aman/tidak aman (*safe/unsafe equipment*)?



Parent Node		Kondisi tidak aman ( <i>safe/unsafe condition</i> )
Kondisi lingkungan kerja aman/tidak aman ( <i>safe/unsafe environment</i> )	Kondisi peralatan kerja aman/tidak aman ( <i>safe/unsafe equipment</i> )	Aman
Aman	Aman	
	Tidak aman	
Tidak aman	Aman	
	Tidak aman	

18. Berapa % probabilitas terjadinya kecelakaan kerja dengan kategori fatal, berat, sedang, dan ringan jika terjadi kondisi lingkungan dan peralatan aman/tidak aman (*safe/unsafe condition*), dan perilaku pekerja konstruksi aman/tidak aman (*safe/unsafe behaviour*) ?



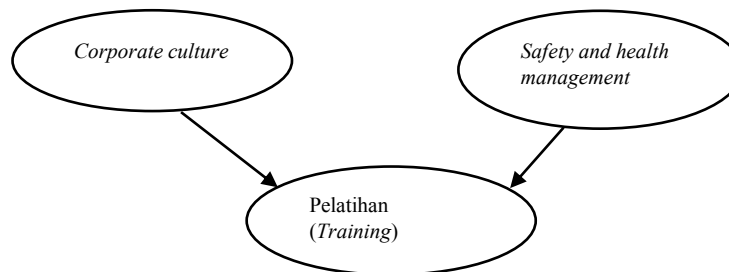
<i>Parent Node</i>	Kondisi Tidak Aman (Unsafe Condition)	Aman		Tidak Aman	
	Perilaku Tidak Aman (Unsafe Behaviour)	Aman	Tidak Aman	Aman	Tidak Aman
Kategori Kecelakaan Kerja	Fatal				
	Berat				
	Ringan				

**Bagian 5.** Contoh Menentukan Probabilitas Faktor yang berpengaruh terhadap kecelakaan kerja pada proyek konstruksi.

Berikan jawaban nilai probabilitas antara nilai 0 sampai nilai 1 (0 s/d 1)

Contoh nilai 0;0,1;0,2;0,3....0,9;1,0 yang akan diilustrasikan sebagai berikut :

Dalam model Bayesian setiap node memiliki tabel probabilitas bersyarat seperti pada contoh tabel 5.1 berikut ini yaitu untuk menghitung berapa probabilitas relevan/tidak relevannya pelatihan (*training*), jika budaya pada perusahaan (*corporate culture*) mendukung/tidak mendukung, dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and Health Management*) efektif/tidak efektif yang diilustrasikan pada gambar 1.



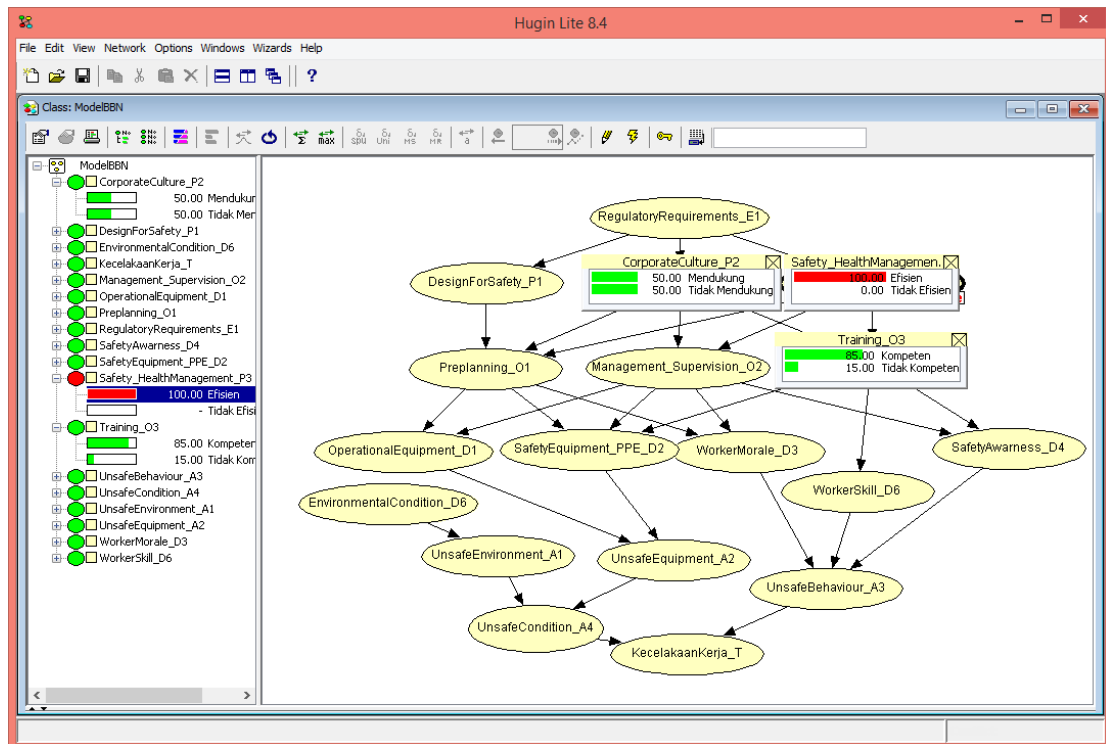
Gambar 1. Hubungan antar Variabel Pelatihan (*Training*), Budaya Perusahaan (*Corporate Culture*), dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan (*Safety & Health Management*) (Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2017)

Tabel 1 CPT Parent Node Budaya perusahaan (*Corporate culture*) dan Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (*Safety and health management*)

Parent Node		Pelatihan ( <i>Training</i> )	
Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Efisien	Tidak Efisien
Mendukung	Efisien	1	0
	Tidak Efisien	0.5	0.5
Tidak Mendukung	Efisien	0.7	0.3
	Tidak Efisien	0	1

Sumber : Hasil Olahan Peneliti, 2017

Hasil estimasi probabilitas dari wawancara (expert) dan kuesioner selanjutnya akan disimulasi dengan menggunakan *software Hugin Lite 8.6 free download* seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2 Contoh Hasil Simulasi Model *BBN* (Sumber : Hasil olahan penulis, 2017)

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan dengan probabilitas kondisi *corporate culture* yang mendukung sebesar 0,5 dan *safety & health management* yang efektif sebesar 1 maka probabilitas training yang relevan yaitu sebesar 0,85.



Lampiran 4. Nilai Probabilitas (*prior*) Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Gedung berdasarkan Data Primer

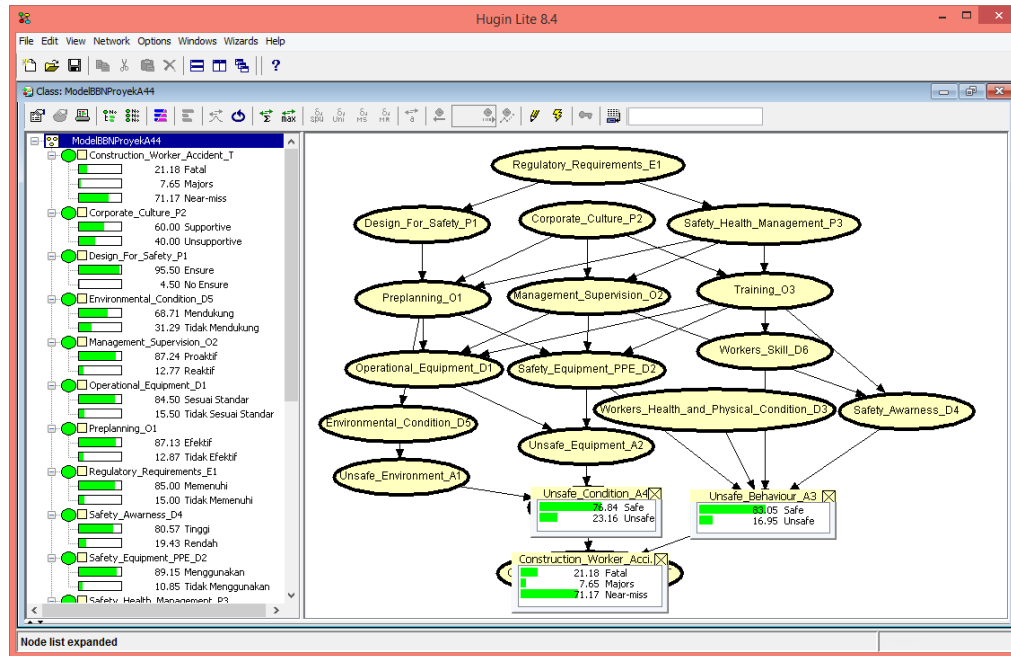
No.	Faktor yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung A	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung B	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung C	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung D
1.	Persyaratan Peraturan ( <i>Regulatory Requirements</i> ) Memenuhi Tidak Memenuhi	0.85 0.15	0.80 0.20	0.70 0.30	0.80 0.20
2.	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> ) Terjamin Tidak Terjamin	0.95 0.05	0.75 0.25	0.80 0.20	0.80 0.20
3.	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> ) Mendukung Tidak Mendukung	0.60 0.40	0.70 0.30	0.80 0.20	0.70 0.30
4.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> ) Efektif Tidak Efektif	0.95 0.05	0.65 0.35	0.70 0.30	0.70 0.30
5.	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> ) Efektif Tidak Efektif	0.85 0.15	0.55 0.45	0.55 0.45	0.75 0.25
6.	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> ) Proaktif Reaktif	0.85 0.15	0.55 0.45	0.65 0.35	0.60 0.40
7.	Pelatihan ( <i>Training</i> ) Relevan Tidak Relevan	0.85 0.15	0.55 0.45	0.30 0.70	0.60 0.40
8.	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> ) Sesuai standar keselamatan kerja Tidak sesuai standar keselamatan kerja	0.85 0.15	0.55 0.45	0.65 0.35	0.70 0.30
9.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> ) Menggunakan Tidak Menggunakan	0.85 0.15	0.60 0.40	0.55 0.45	0.60 0.40

No.	Faktor yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung A	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung B	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung C	Nilai state Proyek Konstruksi Gedung D
10.	Kondisi Fisik dan Mental pekerja ( <i>Worker's physical and mental condition</i> ) Sehat Tidak Sehat	0.80 0.20	0.85 0.15	0.70 0.30	0.85 0.15
11.	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety Awareness</i> ) Tinggi Rendah	0.80 0.20	0.60 0.40	0.60 0.40	0.65 0.35
12.	Kondisi lingkungan ( <i>Environmental condition</i> ) Mendukung Tidak Mendukung	0.70 0.30	0.65 0.35	0.65 0.35	0.70 0.30
13.	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skills</i> ) Kompeten Tidak Kompeten	0.75 0.25	0.60 0.40	0.75 0.25	0.65 0.35
14.	Lingkungan tidak aman ( <i>Unsafe environment</i> ) Lingkungan aman Lingkungan tidak aman	0.70 0.30	0.70 0.30	0.70 0.30	0.75 0.25
15.	Peralatan tidak aman ( <i>Unsafe equipment</i> ) Peralatan aman Peralatan tidak aman	0.80 0.20	0.65 0.35	0.60 0.40	0.60 0.40
16.	Perilaku tidak aman ( <i>Unsafe behaviour</i> ) Perilaku aman Perilaku tidak aman	0.80 0.20	0.70 0.30	0.60 0.40	0.70 0.30
17.	Kondisi tidak aman ( <i>Unsafe condition</i> ) Kondisi lingkungan & peralatan yang aman Kondisi lingkungan & peralatan yang aman	0.75 0.25	0.75 0.25	0.75 0.25	0.70 0.30
18.	Kecelakaan Kerja ( <i>Construction Workers Accident</i> ) Fatal Berat Ringan	0.2118 0.0765 0.7117	0.2577 0.1628 0.5795	0.2711 0.1839 0.5450	0.2422 0.1572 0.6006

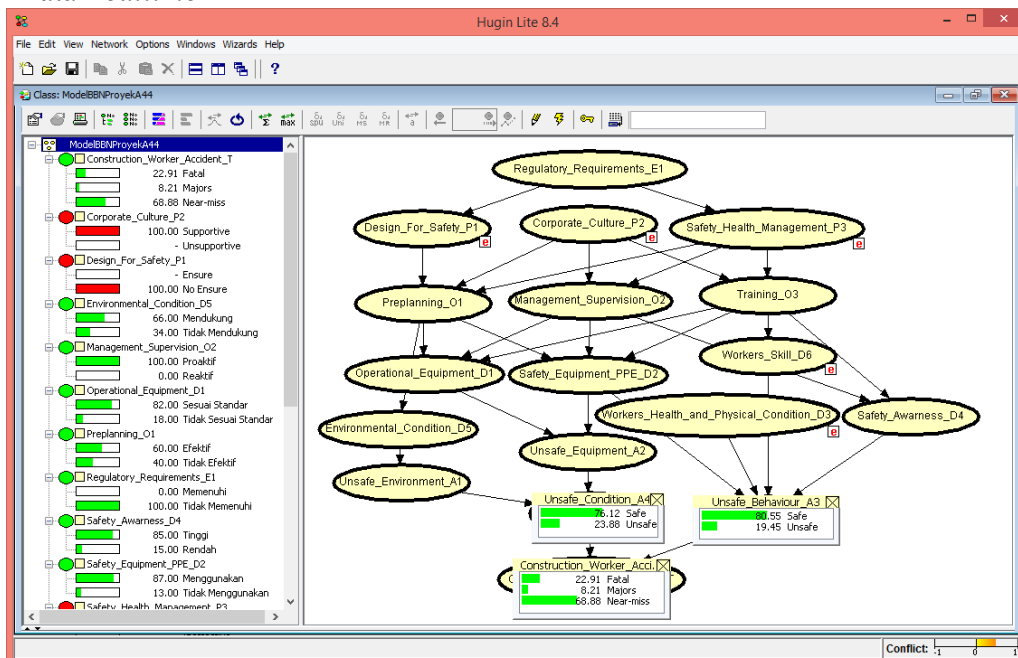
## Lampiran 5. Hasil Aplikasi Model pada Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung

### 1. Proyek Konstruksi Gedung A

- a. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A Berdasarkan Model Prediksi BBN

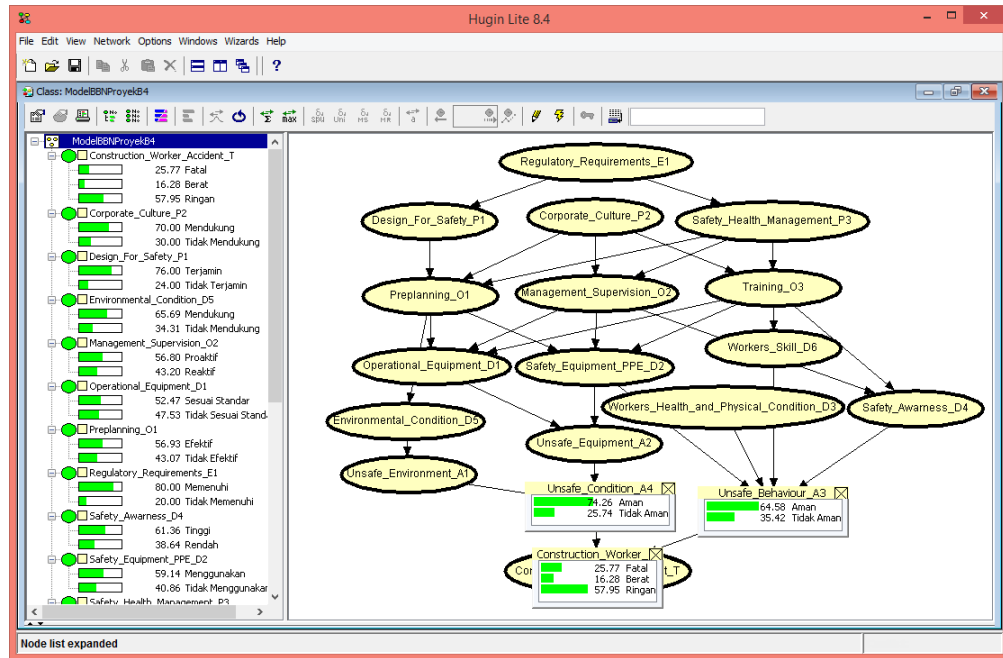


- b. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A Berdasarkan Data *Realtime*

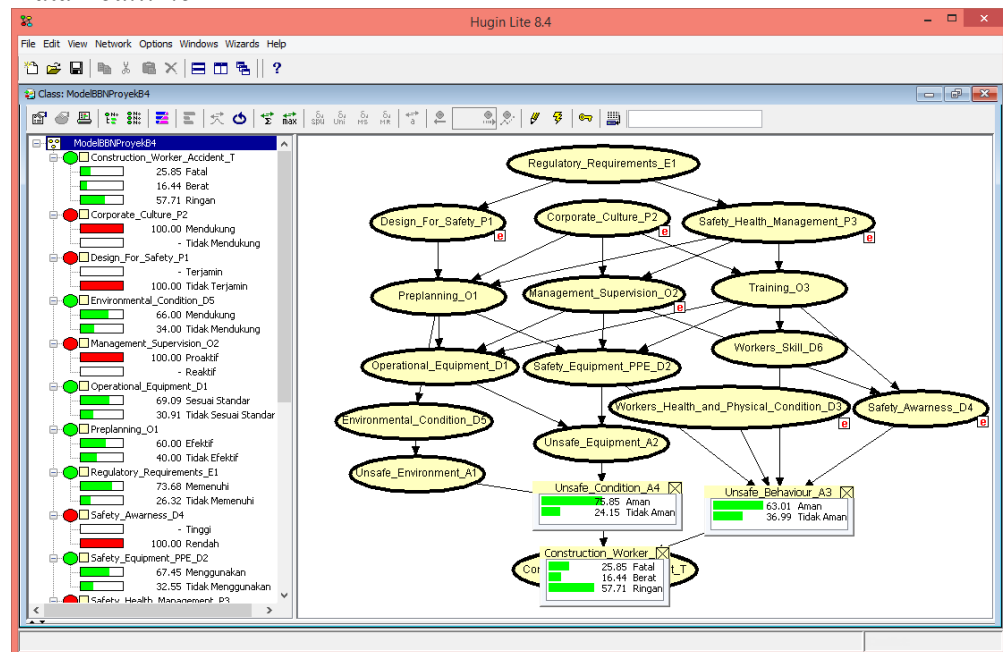


## 2. Proyek Konstruksi Gedung B

### a. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B Berdasarkan Model Prediksi BBN

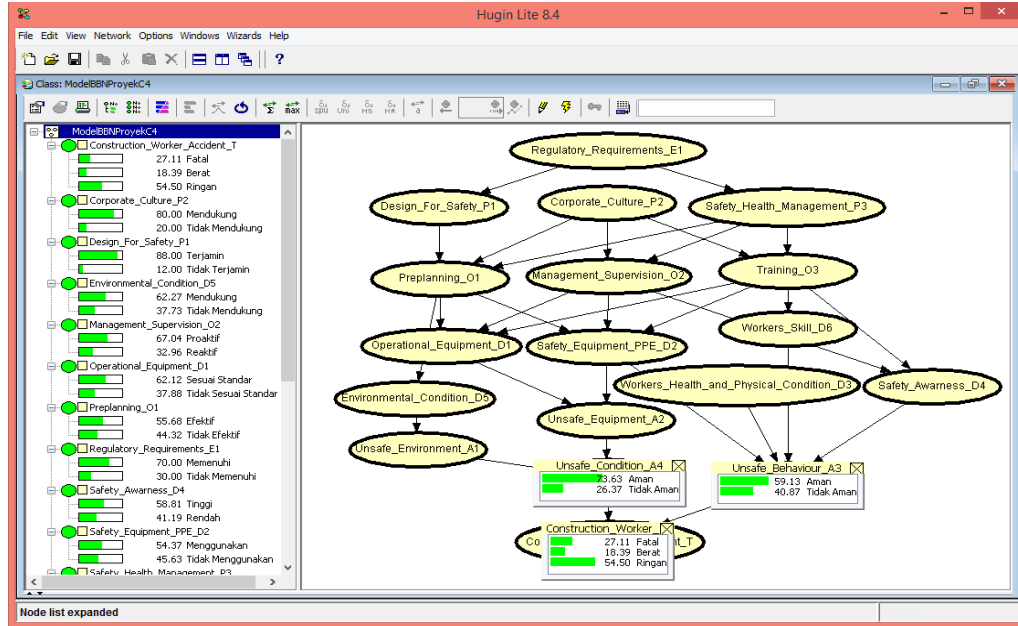


### b. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B Berdasarkan Data *Realtime*

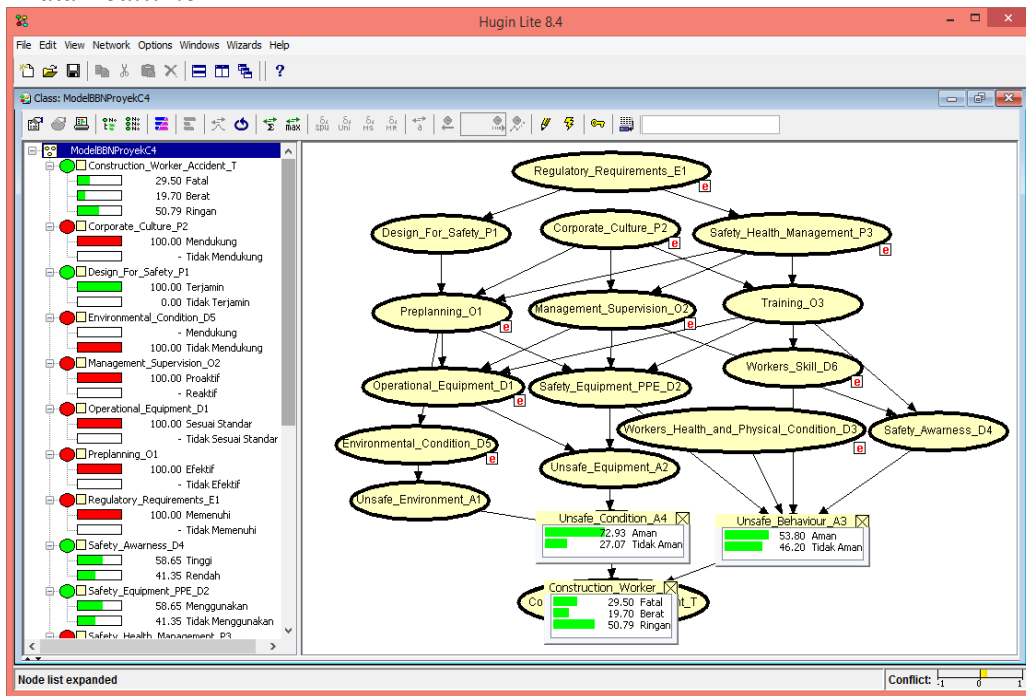


### 3. Proyek Konstruksi Gedung C

- a. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C Berdasarkan Model Prediksi BBN

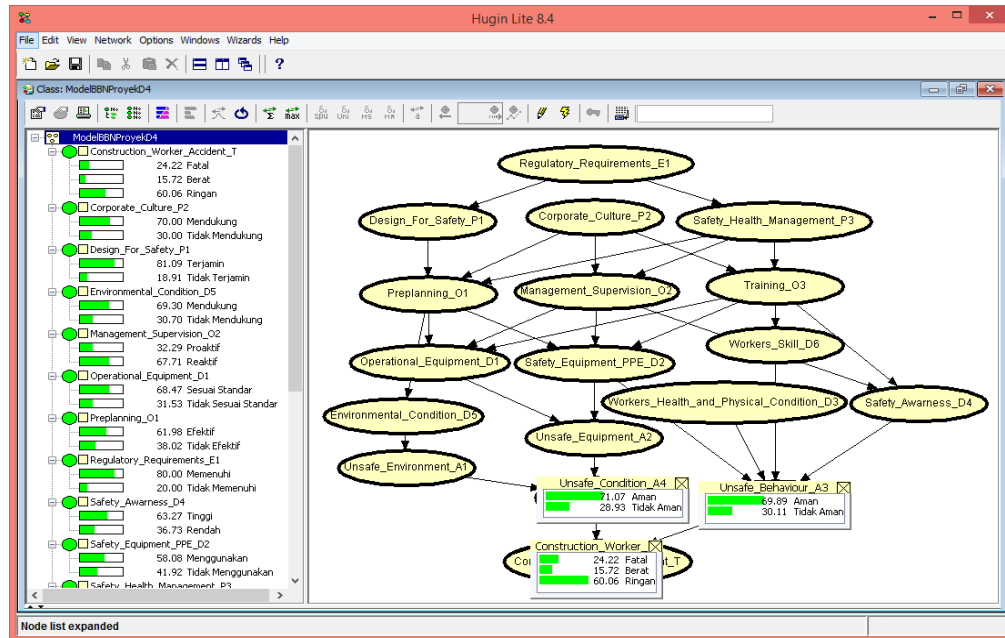


- b. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C Berdasarkan Data *Realtime*

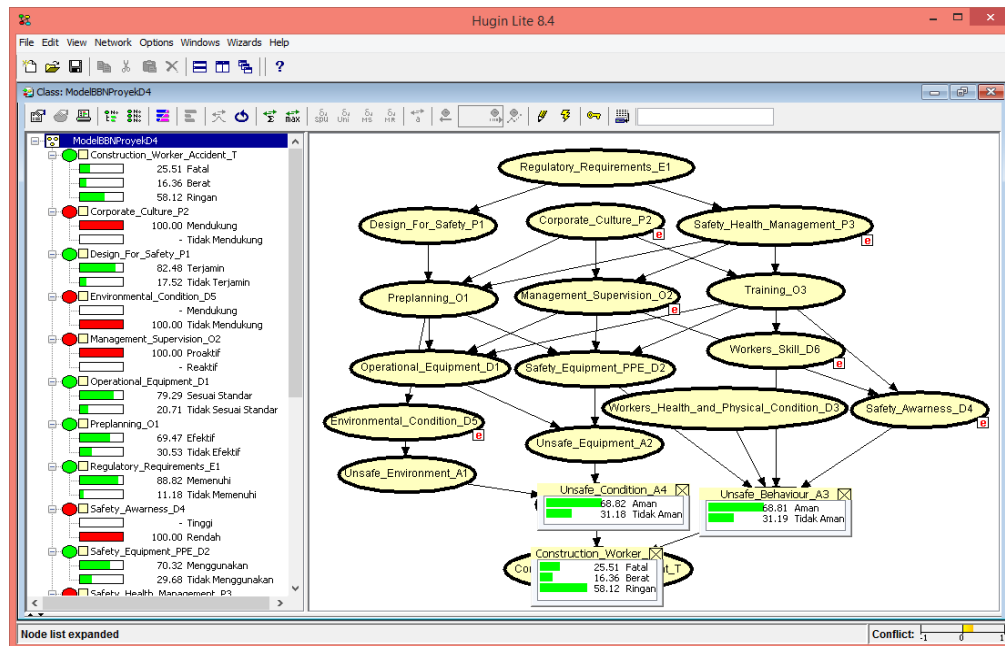


#### 4. Proyek Konstruksi Gedung D

- a. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D Berdasarkan Model Prediksi BBN



- b. Hasil Aplikasi Model Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D Berdasarkan Data *Realtime*



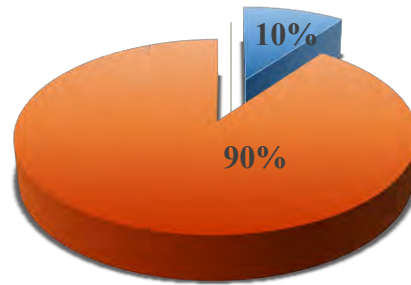
## Lampiran 6. Profil Expert (Ahli Konstruksi) dan Perusahaan Konstruksi

### A. Tabel Profil *Expert* (Ahli Konstruksi)

Nama Responden	Posisi Responden	Pengalaman di Bidang Konstruksi	Pengalaman di Bidang K3 Konstruksi	Nama Perusahaan Konstruksi	Pengalaman Perusahaan di Bidang Konstruksi	Nama Proyek Konstruksi	Jumlah Lantai
Responden 1	Manajer K3	11 – 15 tahun	11-15 tahun	PT. Pembangunan Perumahan (Persero), Tbk	> 20 tahun	Apartemen Gunawangsa Tidar	38 Lantai
Responden 2	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Pembangunan Perumahan (Persero), Tbk	> 20 tahun	Grand Sungkono Lagoon Apartment	48 Lantai
Responden 3	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Tatamulia Nusantara Indah	> 20 tahun	One East Residence Apartment	35 Lantai
Responden 4	Manajer K3	11 – 15 tahun	11-15 tahun	PT. Tatamulia Nusantara Indah	> 20 tahun	Spazio Apartment	30 Lantai
Responden 5	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Tatamulia Nusantara Indah	> 20 tahun	Apartemen One Galaxy Phase I	50 Lantai
Responden 6	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Wijaya Karya Gedung (Persero), Tbk	10 - 20 tahun	Apartemen Puncak Dharmahusada (PDA)	40 Lantai
Responden 7	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Wijaya Karya Gedung (Persero), Tbk	10 - 20 tahun	Apartemen Puncak <i>Central Bussiness Distric</i> (CBD)	55 Lantai
Responden 8	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Surya Bangun Persada Indah	> 20 tahun	Apartemen Gunawangsa MERR	29 Lantai
Responden 9	Manajer K3	> 15 tahun	> 15 tahun	PT. Nusa Raya Cipta	> 20 tahun	Praxis Apartment	40 Lantai
Responden 10	Manajer K3	> 15 tahun	11-15 tahun	PT. Adhi Karya (Persero), Tbk	> 20 tahun	Apartemen Taman Melati Surabaya	32 Lantai
Responden 11	Auditor SMK3 Proyek Konstruksi (A2K4) Wilayah Surabaya	> 15 tahun	> 15 tahun				

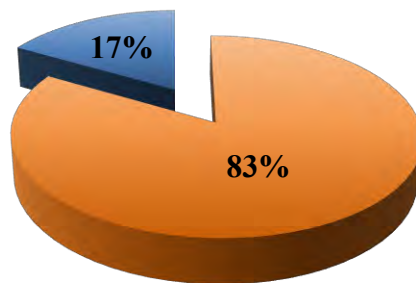
## B. Diagram Profil Perusahaan Konstruksi

### 1. Pengalaman Perusahaan di Bidang Proyek Konstruksi



■ < 5 tahun ■ 5 - 10 tahun ■ 11 - 15 tahun ■ > 15 tahun

### 2. Jenis Proyek Gedung



■ Gedung Apartemen ■ Hotel  
■ Gedung Rumah Sakit ■ Gedung Restoran/Ruko  
■ Gedung Sekolah



Lampiran 7. Faktor Signifikan yang Mempengaruhi Kecelakaan Kerja

No.	Faktor yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja	Definisi Faktor	State Faktor	Ukuran State Faktor
1.	Persyaratan Peraturan ( <i>Regulatory Requirements</i> )	Kerangka peraturan, standar, dan pedoman yang mengatur industri, profil perusahaan, dan pelaksanaannya.	Memenuhi  Tidak Memenuhi	Pemenuhan dan penerapan peraturan perundang-undangan/persyaratan hukum yang berlaku di bidang K3 Tidak adanya pemenuhan dan penerapan peraturan perundang-undangan/persyaratan hukum yang berlaku di bidang K3
2.	Desain keselamatan ( <i>Design for safety</i> )	Proses desain yang menjamin <i>buildability</i> , <i>operability</i> , dan <i>safety</i> selama fase konstruksi dan pemeliharaan	Menjamin  Tidak Menjamin	Desain yang dibuat telah mempertimbangkan masalah keselamatan dan kesehatan kerja Tidak adanya pertimbangan masalah keselamatan dan kesehatan kerja pada tahapan desain
3.	Budaya perusahaan ( <i>Corporate culture</i> )	Nilai-nilai, keyakinan, norma, dan kebiasaan suatu organisasi/perusahaan yang mampu mempengaruhi perilaku pekerja	Mendukung  Tidak Mendukung	Adanya keterlibatan secara aktif dan komitmen dari <i>top management</i> dalam menjalankan program K3 Tidak adanya komitmen dan keterlibatan manajemen dalam terciptanya perilaku dan kondisi yang aman.
4.	Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja ( <i>Safety and health management</i> )	Sistem manajemen yang meliputi kebijakan keselamatan kerja, definisi peran dan tanggung jawab untuk keselamatan, pelaksanaan serta langkah-langkah dalam meningkatkan keselamatan dan evaluasi kinerja keselamatan.	Efektif  Tidak Efektif	Standar K3 telah mengikuti peraturan-peraturan dan persyaratan yang berlaku Tidak adanya standar maupun prosedur manajemen untuk memantau/mengevaluasi kinerja keselamatan kerja.

No.	Faktor yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja	Definisi Faktor	State Faktor	Ukuran State Faktor
5.	Perencanaan awal ( <i>Preplanning</i> )	Perencanaan, pendefinisian, dan penugasan sumber daya yang tepat sesuai dengan rencana aktivitas pekerjaan	Efektif  Tidak Efektif	Adanya perencanaan awal dalam pemenuhan proses manajemen dalam identifikasi bahaya dan risiko Perencanaan awal dirancang dan disusun tanpa memperhatikan metode kerja yang aman
6.	Manajemen/Supervisi ( <i>Management and supervision</i> )	Sistem pengelolaan dan pengawasan yang menjamin keselamatan pekerja dan sumber daya lainnya	Proaktif  Reaktif	Manajemen dan supervisi proaktif dalam upaya pengawasan dan pengendalian risiko Tidak adanya upaya dalam penilaian dan pengendalian risiko
7.	Pelatihan ( <i>Training</i> )	Upaya peningkatan keterampilan dan kemampuan tenaga kerja yang disesuaikan dengan kebutuhan dari pekerjaan para pekerja	Relevan  Tidak Relevan	Pelatihan yang dilaksanakan dan diikuti sesuai dengan kompetensi, tugas, dan tanggungjawab mereka di proyek Pelatihan tidak sesuai dengan kompetensi, tugas, dan tanggungjawab mereka dilapangan
8.	Peralatan kerja ( <i>Operational equipment</i> )	Ketersediaan peralatan kerja yang sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan	Sesuai Standar  Tidak Sesuai Standar	Alat kerja memenuhi persyaratan dan mempunyai standar sertifikasi dari pihak ketiga Peralatan kerja tidak memenuhi standar sertifikasi
9.	Peralatan keselamatan dan alat pelindung diri ( <i>Safety equipment and PPE</i> )	Peralatan keselamatan dan APD sesuai dengan standar, termasuk tindakan inspeksi dan pemeliharaan	Menggunakan  Tidak Menggunakan	Pekerja memiliki tingkat disiplin dan kepatuhan dari dalam pemakaian peralatan keselamatan dan alat pelindung diri / APD yang benar dan sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan Tidak adanya kepedulian dan kepatuhan tenaga kerja dalam pemakaian peralatan keselamatan dan APD
10.	Kondisi fisik dan mental pekerja ( <i>Worker's physical and mental condition</i> )	Kondisi fisik dan mental pekerja ketika bekerja	Sehat  Tidak Sehat	Pekerja memiliki kemampuan fisik yang prima dalam melaksanakan pekerjaan dengan baik serta memiliki sikap positif dan optimis terhadap pekerjaan yang akan dilakukan Pekerja dalam kondisi lemah dan tidak adanya motivasi serta sikap yang pesimis terhadap masalah keselamatan kerja

No.	Faktor yang mempengaruhi Kecelakaan Kerja	Definisi Faktor	State Faktor	Ukuran State Faktor
11.	Kesadaran keselamatan ( <i>Safety awarness</i> )	Kesadaran pekerja akan bahaya dan risiko kecelakaan kerja	Tinggi  Rendah	Pekerja mempunyai kesadaran akan bahaya dan risiko terkait dengan pekerjaan yang akan dilakukan Tidak adanya kepedulian akan pentingnya keselamatan kerja dan kewaspadaan terhadap risiko dan potensi bahaya pada pekerjaan yang akan dilakukan
12.	Keterampilan pekerja ( <i>Worker's skill</i> )	Keterampilan, pengalaman, dan kemampuan pekerja yang dibutuhkan dalam melakukan tugas tertentu dengan aman dan sesuai tujuan yang diharapkan	Kompeten  Tidak Kompeten	Pekerja memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam menggunakan peralatan kerja dan peralatan keselamatan yang harus digunakan serta pekerja memahami akan peran dan tanggung jawab mereka Pekerja tidak memiliki pengetahuan tentang peralatan yang akan digunakan
13.	Kondisi lingkungan ( <i>Unsafe environment</i> )	Pengaruh faktor internal (seperti kebisingan, getaran, dan tekanan) dan faktor eksternal (cuaca, kelembaban) terhadap aktivitas/kegiatan proyek konstruksi	Mendukung  Tidak Mendukung	Faktor internal dan eksternal tidak mempengaruhi aktivitas kegiatan konstruksi Faktor internal dan eksternal sangat mempengaruhi aktivitas kegiatan konstruksi
14.	Kecelakaan Kerja (Construction Workers Accident)	Kejadian yang tidak direncanakan, tidak terduga, tidak diharapkan serta tidak ada unsur kesengajaan yang berhubungan dengan pekerjaan yang dapat menyebabkan cedera atau kesakitan (tergantung dari keparahannya), kejadian kematian atau kejadian yang dapat menyebabkan kematian.	Fatal  Berat  Ringan	Insiden yang menyebabkan kematian secara langsung setelah kejadian atau setelah hingga 180 hari, akibat insiden tersebut. Kecelakaan yang menyebabkan kehilangan hari kerja lebih dari 3 hari Kecelakaan kerja yang hanya membutuhkan pertolongan P3K di proyek dan setelah itu bisa kembali bekerja

## 1. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung A





## 2. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung B



### 3. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung C





#### 4. Studi Kasus Proyek Konstruksi Gedung D



*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BIODATA PENULIS



**Diah Sarasanty**, penulis yang dilahirkan di Kabupaten Mojokerto pada tanggal 1 Mei 1980. Merupakan anak keempat dari 4 (empat) bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh antara lain di SDN Gedongan III Mojokerto, SMPN 2 Mojokerto dan SMUN I Puri Mojokerto. Kemudian melanjutkan ke jenjang perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Meraih gelar Sarjana Teknik (S.T.) dalam bidang Teknik Sipil, 2004 dan gelar Magister Teknik (M.T.) dibidang Manajemen Proyek Konstruksi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2017. Saat ini penulis aktif sebagai dosen di Universitas Islam Majapahit Mojokerto.

Email: [diahsarasanty@gmail.com](mailto:diahsarasanty@gmail.com)